

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Návrh mobilního vyvíječe acetylénu pro 10 kg náplně

Design of a mobile acetylene generator for 10 kg filling

Student:

Bc. Petr Toth

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Miloš Němček

Ostrava 2010

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Petr Toth

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace:

40 Konstrukce strojních dílů a skupin

Téma:

Návrh mobilního vyvíječe acetylénu pro 10 kg náplně
Design of a Mobile Acetylene Generator for 10 kg Filling

Zásady pro vypracování:

Navrhnete kompaktní mobilní jednotku pro vyvíjení acetylénu pro obsah náplně cca 10 kg karbidu vápíku. Celé řešení optimalizujte na minimální hmotnost a snadnou manipulovatelnost. Rovněž zajistěte snadné doplňování náplně a čištění jednotky a navrhnete všechny důležité technologické prvky (regulace, ochrana proti zpětnému šlehnutí, kontrolní a nahlížečské otvory atd.). Proveďte všechny nezbytné pevnostní kontroly. Stanovte plnicí poměry vody a karbidu vápíku pro navržené zařízení. Při práci dbejte současných platných standardů pro tato zařízení, na závěr proveďte jejich přehled. V úvodu proveďte rešerši podobných zařízení, doplněnou o historický přehled.

Nakreslete – sestavu vyvíječe a výrobní výkresy vybraných nestandardních částí.

Rozsah práce cca 60 stran.

Seznam doporučené odborné literatury:

BOLEK, A., KOCHMAN, J. A KOL.: *Části strojů, 1. a 2. svazek*. Technický průvodce 8. SNTL Praha, 1989 a 1990.

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z ČaMS Spoje*. 2.vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.

Šubrt, Ladislav: *Teorie desek a skořepin*. Skripta ČVUT Praha.. Vydavatelství ČVUT 2001 ISBN 80-01-02373-7

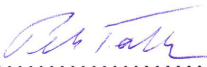
ČSN 66 1125 *Acetylén potrubní a rozpuštěný*

ČSN 69 4911 *Acetylenové stanice a sklady karbidu*

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5 2010


.....
podpis studenta

Prohlašuji že,

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2010



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Petr Toth

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Chotěbuzská 271, Chotěbuz, 735 61

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

TOTH, P. *Návrh mobilního vyvíječe acetylénu pro 10 kg náplně : diplomová práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2010, 59 s. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Miloš Němček.

První část diplomové práce se zabývá popisem a rozdělením historických zařízení na výrobu acetylénu. V druhé části je provedeno rozdělení zařízení dostupných na současném trhu a jejich porovnání se standardními metodami distribuce acetylénu. Třetí část je věnována návrhu vyvíječe pro 10 kg karbidu vápníku. Popisuje jeho pracovní princip a rozebírá pro něj platnou normu. V závěrečné části jsou provedeny kontrolní a návrhové výpočty.

ANOTATION OF MASTER THESIS

TOTH, P. *Design of a mobile acetylene generator for 10 kg filling : Master thesis.* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2010, 59 p. Thesis head: prof. Dr. Ing. Miloš Němček.

The first part of master thesis is consider in partition and description of historic apparatur for manufacture of acetylene gas. In the second part of work is performed partage of apparatus available in the present marketplace and their collation with standard methods of distribution of acetylene. The third part of work is devote to concept of acetylene generator for 10 kg filling. There is described working principle a talking abou valid norm. In last part of wokr there are proceed control and concept calculations.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	7
0. Úvod	9
1. Historický přehled	10
1.1 Vznik a vývoj výroby acetylénu	10
1.2 Historické vyvíječe acetylénu	13
1.2.1 Základní varianty vyvíječů acetylénu	13
1.2.2 Automatizace konstrukce vyvíječů acetylénu	15
1.2.3 Vybrané typy vyvíječů acetylénu	17
1.3 Historické vyvíječe acetylénu na našem území	25
2. Rozbor trhu	27
2.1. Přehled acetylénových vyvíječů na trhu	27
2.2. Ekonomické porovnání	30
3. Charakteristika navrhovaného zařízení	32
3.1 Noremní základ práce	32
3.2 Popis navrhovaného vyvíječe acetylénu	35
3.3 Chemický princip a určení plnicího poměru	38
4. Návrhové a kontrolní výpočty	40
4.1 Návrh koše pro karbid vápnicku	40
4.1.1 Návrh tvaru a rozměrů koše	40
4.1.2 Návrh a kontrola nosného čepu	43
4.1.3 Provozní úpravy konstrukce	46
4.2 Konstrukce vyvíjecí komory	47
4.3 Výpočet tlakového celku nádoby vyvíječe	48
4.3.1 Výpočet dovoleného namáhání dle ČSN 69 0010 – 4.2	49
4.3.2 Výpočet skořepiny pro vnitřní přetlak dle ČSN 69 0010 -4.	50
4.3.3 Výpočet eliptického dna nádoby dle ČSN 69 0010 – 4.7	52
4.3.4 Výpočet nevyztuženého víka nádoby dle ČSN 69 0010 – 4.9	53
5. Závěr	56
6. Seznam použité literatury	57
7. Seznam příloh	59

Seznam použitých značek a symbolů

c	celkový přídavek	[mm]
c_1	přídavek na kompenzaci koroze a eroze	[mm]
c_2	přídavek na kompenzaci záporných úchylek	[mm]
c_3	technologický přídavek	[mm]
c_K	cena 1 kilogramu karbidu	[Kč]
c_L	cena 1 litru acetylénu	[Kč]
c_V	celkový přídavek na víko	[mm]
$d_{\bar{c}}$	průměr čepu	[mm]
D_N	vnější průměr nádoby	[mm]
D_R	výpočtový průměr víka	[mm]
d_{v1}	průměr otvoru uzavíracího víka	[mm]
d_{v2}	průměr otvoru pojistného ventilu	[mm]
d_{v3}	průměr otvoru ventilu nádoby	[mm]
d_{v4}	průměr otvoru šroubu manometru	[mm]
d_{ZV}	vnitřní průměr	[mm]
E	ekonomický výsledek	[–]
H	výška klenutí dna bez válcové části	[mm]
h_R	výška zaplavení	[mm]
h_{ZV}	výška dna	[mm]
K	součinitel	[–]
K_0	součinitel zeslabení víka jedním otvorem	[–]
m_{MAX}	celková hmotnost vyvíjecí komory	[kg]
m_N	požadovaná hmotnost náplně	[kg]
M_{OMAX}	maximální ohybový moment	[Nm]
m_{VK}	hmotnost vyvíjecí komory	[kg]
m_{ZV}	hmotnost zkušebního válce	[kg]
m_{ZC}	celková zkušební hmotnost	[kg]
n_B	součinitel bezpečnosti k mezi pevnosti	[–]
n_T	součinitel bezpečnosti v mezi kluzu	[–]
O	objem plynu poskytovaného lahví	[l]
P	objemový poměr acetylenových jednotek	[–]
p	provozní tlak	[bar, MPa]
P_A	maximální výkon plynu, výkon	[m ³ ·hod ⁻¹]
p_{DP}	dovolený vnitřní přetlak	[MPa]
p_{DV}	dov. vnitřní přetlak na ploché kruhové nevzdušné víko	[MPa]
p_{DOV}	dovolený tlak	[MPa]

p_K	tlak na stykových plochách	[MPa]
p_L	tlak plynu v láhvi	[MPa]
p_p	pracovní přetlak	[MPa]
p_v	výpočtový přetlak	[MPa]
p_{ZK}	zkušební přetlak	[MPa]
Q	zatížení	[N]
R_e	minimální mez kluzu	[MPa]
R_m	mez pevnosti v tahu	[MPa]
R_N	vnitřní poloměr klenutí ve vrcholu dna	[—]
r_{K2}	poloměr zásobníku	[mm]
s	tloušťka stěny	[mm]
s_R	reálná tloušťka stěny	[mm]
s_V	provedená tloušťka víka	[mm]
s_{V1}	minimální tloušťka stěny víka	[mm]
T_V	výpočtová teplota	[°C]
V_A	objem acetylénu	[l]
V_C	celkový objem vodní náplně	[l]
V_{CH}	objem vody určený pro chlazení	[l]
V_{K1}	objem dna koše	[l]
V_{K2}	objem zásobníku	[l]
v_{K2}	výška zásobníku	[mm]
V_L	objem lahve	[l]
V_P	objem plynojemů	[m ³]
V_R	objem vody potřebný pro reakci	[l]
V_V	celkový objem nádoby vyvíječe	[l]
V_{ZK}	objem karbidu	[l]
V_{ZK}	objem odpovídající 10 kg náplně	[l]
W_O	průřezový modul v ohybu	[Nm]
φ_p	součinitel hodnoty podélného svaru	[—]
ρ_{ZK}	výpočtová měrná hmotnost karbidu vápníku	[kg · m ⁻³]
σ_{DOVO}	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
σ_{DP}	dovolené namáhání pro plášť a dno nádoby	[MPa]
σ_{DPZ}	dov. namáhání pro plášť a dno nádoby, pro tl. zkoušku	[MPa]
σ_{DV}	dovolené namáhání pro víko nádoby	[MPa]
σ_{DVZ}	dovolené namáhání pro víko nádoby, pro tl. zkoušku	[MPa]
τ	opravný součinitel k dovolenému namáhání	[—]

Úvod

Vyvíječ acetylénu je technické zařízení užívané pro výrobu plynného acetylénu prostřednictvím chemické reakce karbidu vápníku a vody, posuzované jako tlaková nádoba vybavená nutným příslušenstvím. Nejčastější použití vyvíječe je pro dodávku plynu při práci s plamenem (kyslíko-acetylenovém svařování a řezání kovů), ale nalézá uplatnění i v dalších průmyslových odvětvích i mimo ně.

Cílem práce je navrhnout kompaktní mobilní zařízení o obsahu 10 kg karbidu vápníku tak, aby bylo dosaženo snadné ovladatelnosti, optimální hmotnosti a dodržení platných norem. Dále bude zajištěna jednoduchá manipulace při doplňování náplně, čištění jednotky, pak i související technologické prvky (ovládací, uzavírací, kontrolní, bezpečnostní).

V první části dokumentu je proveden přehled a rozdělení historicky užívaných zařízení, jejich přehled a zhodnocení. V druhé části budou uvedeny výsledky výzkumu trhu a ekonomické srovnání vyvíječů a standardních metod distribuce acetylénu. Třetí část práce charakterizuje navrhované zařízení, jeho pracovní princip a rozebírá pro něj platnou normu. Poslední část je věnována návrhu a kontrole vybraných částí vyvíječe vzhledem.

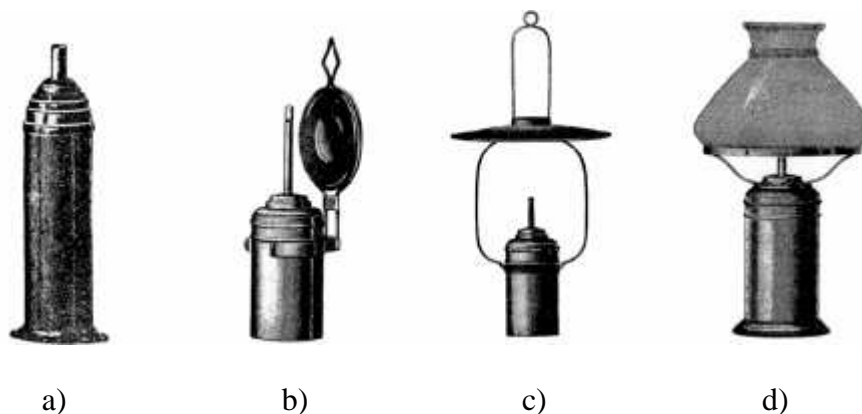
1. Historický přehled

Na rozdíl od současné doby, kdy je acetylén chápán převážně jako plyn užívaný ve směsi s kyslíkem pro svařování a řezání kovů, byly prvopočátky jeho výroby a uplatnění značně odlišné.

1.1 Vznik a vývoj výroby acetylénu

Acetylén byl objeven a pojmenován v roce 1836 (Edmond Davy) a první metoda jeho výroby založená na principu vývinu plynu z par organických sloučenin pochází z roku 1859 a byla popsána Pierrem Berthelotem. Látka podobná karbidu vápenatému (draslíkový karbid) byla známa již roku 1808, ale byla užívána jako hnojivo, teprve až v roce 1862 byl poprvé vyroben karbid vápenatý (Friedrich Wöhler), srovnatelný se současně užívanou sloučeninou. V minulosti nebyla paradoxně využívána vysoká teplota hoření acetylénu s kyslíkem, ale jejich schopnost svítit jasným plamenem. V roce 1892 byly objeveny dva postupy výroby karbidu vápenatého v průmyslovém měřítku (chemickou cestou Thomas L. Willson v USA a elektrolýzou Henry Moissan ve Francii) a jeho využití v osvětlovací technice.

První acetylenová lampa s vlastním vyvíječem (obr. 1.1) byla zkonstruována v roce 1893 a v následujících několika letech byl vývojový postup natolik významný, že bylo možno zahájit provoz prvních továren na výrobu acetylénu využívaného k osvětlování (např. město Tata v Maďarsku, kde byly takové lampy instalovány 24. července 1897, nebo North Petherton v Anglii v roce 1898), a byly zakládány výroby karbidu i acetylenové centrály, odkud byl acetylen rozváděn podobně jako svítiplyn, do domácností.



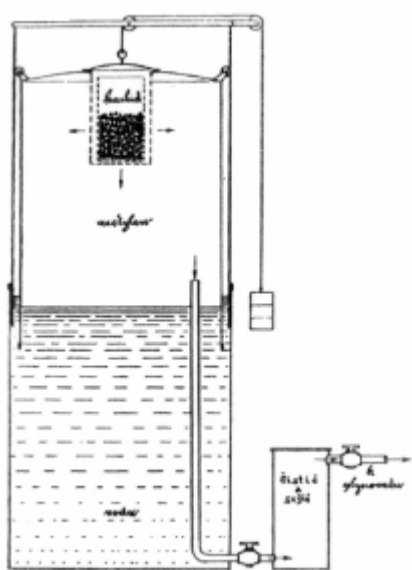
Obr. 1.1 Acetylenové lampy s vlastním vyvíječem, [12]

a) karbidová svíčka (1918), b) nástěnná, c) visací a d) stolní lampa (1914 – 1925)

Významný podíl na rozvoji technologie výroby a využití acetylénu zaznamenává Německo, kde byly první acetylenové centrály založeny roku 1898 a v témže roce bylo vyrobeno a prodáno více než 6 000 acetylenových vyvíječů a lamp. V následujícím roce dosáhl počet činných acetylenových centrál třiceti a dalších asi sedmdesát závodů pracovalo v této oblasti za pomoci více než 1000 zaměstnanců. V českých zemích byla první acetylenová centrála uvedena do provozu v letech 1902 až 1903 v Kostelci nad Orlicí, roku 1906 následovaly Strakonice, Chřibská či Hřensko. Do první světové války mělo v českých zemích již deset měst vlastní acetylenové centrály.

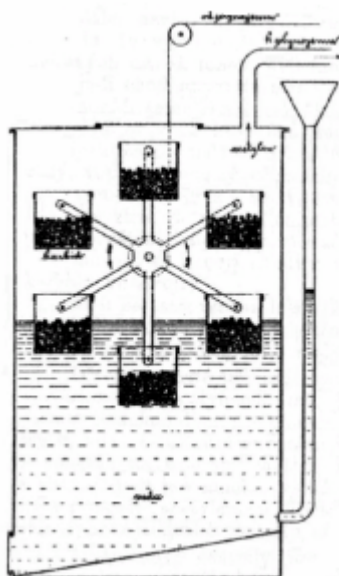
I přes zdánlivě jednoduchý princip vyvíjení acetylénu se jednalo o velmi komplikované systémy a bylo potřeba řešit řadu problémů. Vyvíjení prostřednictvím chemické reakce způsobuje kolísavé odebírání plynu, dále bylo nutné zajistit automatický přívod potřebného množství vody, odvod přebytečného plynu a vedlejších produktů, apod. Počátkem dvacátého století se pro vyvíjení acetylénu užívalo několik systémů, které lze rozdělit do dvou hlavních skupin – ponořování karbidu do vody, či přelévání vody přes karbid. Tyto systémy se postupně zdokonalovaly a byly vytvářeny nové:

- kapací (voda shora kape na karbid, nejjednodušší, karbidové lampy, obr. 1.6)
- proudový (karbid se nachází v odděleních, přes která protékala voda, obr. 1.14)
- potápěcí (karbid je podle potřeby ponořován do vody, obr. 1.2)
- podmáčecí / tlakový (funkce na principu spojených nádob, obr. 1.10)
- zaplavovací (voda postupně zaplavuje jednotlivé sekce s karbidem, obr. 1.11)
- utápěcí (karbid ponořován do vody v sekcích na kole, obr. 1.3)
- gravitační (karbid postupně podle potřeby padá do vody, obr. 1.4, 1.9, 1.15).



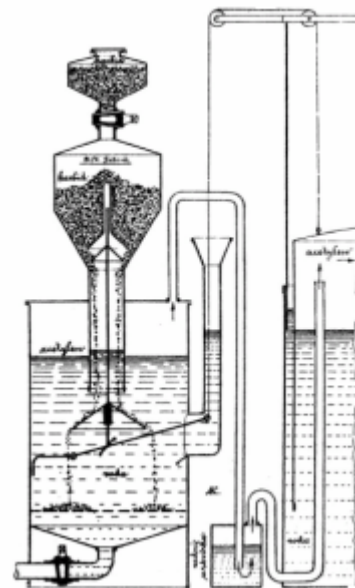
Obr. 1.2

Potápěcí systém, [12]



Obr. 1.3

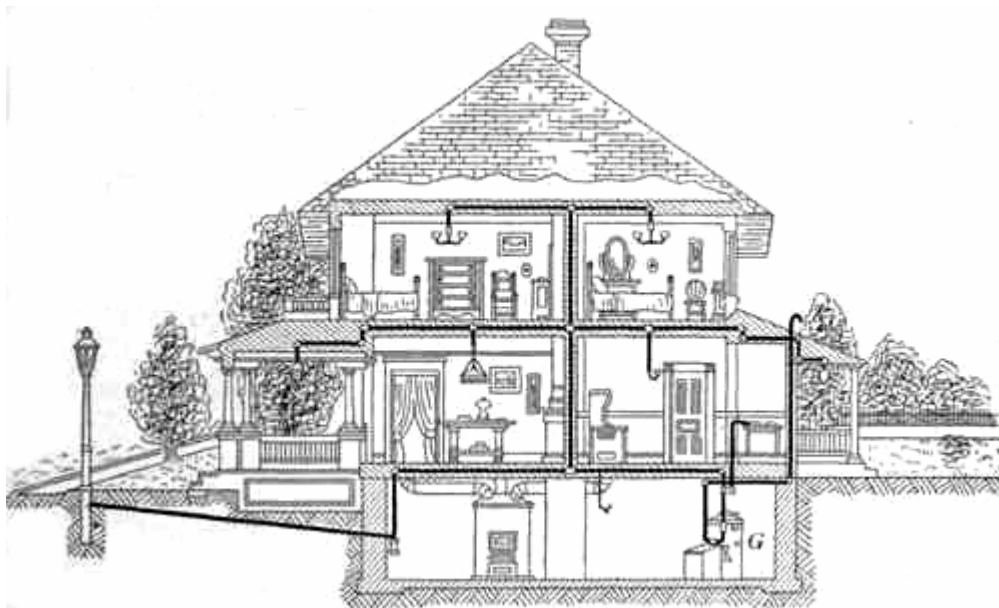
Utápěcí systém, [12]



Obr. 1.4

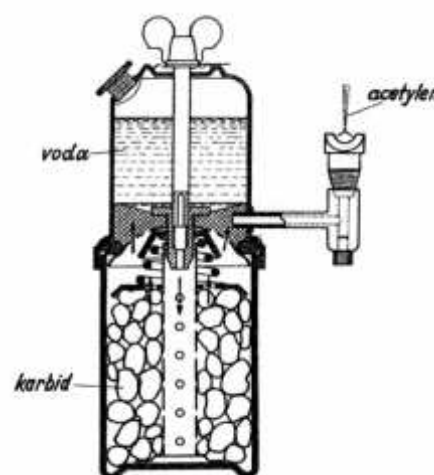
Gravitační systém, [12]

Jedním ze zásadních faktorů tak rychlého rozvoje technologie výroby acetylénu a jeho využívání pro osvětlování byly především náklady na výstavbu acetylenových centrál, které byly v obecných relacích mnohonásobně nižší než náklady na zřizování jiných typů plynáren. Další výhodou byla možnost využít jednoho vyvíječe s řadou rozvodů pro osvětlování veřejných místností, zejména v nemocnicích atd., protože při dobrém zacházení spalovalo v místnosti méně kyslíku a vydávalo také menší zápach než běžný svítiplyn. Na obr. 1.5 je vykreslen potrubní rozvod acetylénu k osvětlení různých místností a teras, či do pouliční lampy. Generátor byl spojen taktéž s kuchyňským hořákem.



Obr. 1.5 Schéma domovního potrubního rozvodu acetylénu, [13]

Acetylenové vyvíječe a svítilny se pro svou jednoduchost uplatnily v době před první světovou válkou taktéž u prvních automobilů, drožek a kočárů a své místo našly i v železniční dopravě, avšak v období mezi světovými válkami byly díky elektrifikaci nahrazovány pokročilejšími typy elektrických světél. Uplatnění vyvíječů acetylénu jako zdroje světla se vyskytuje od počátku rozvoje této techniky, ale do současnosti pronikají pouze jako výbava jeskyňářů, v podobě takzvaných karbidových lamp či karbidek, obr. 1.6.



Obr. 1.6

Řez karbidovou lampou,
Kapací systém, [12]

Historická data převzata z [12]

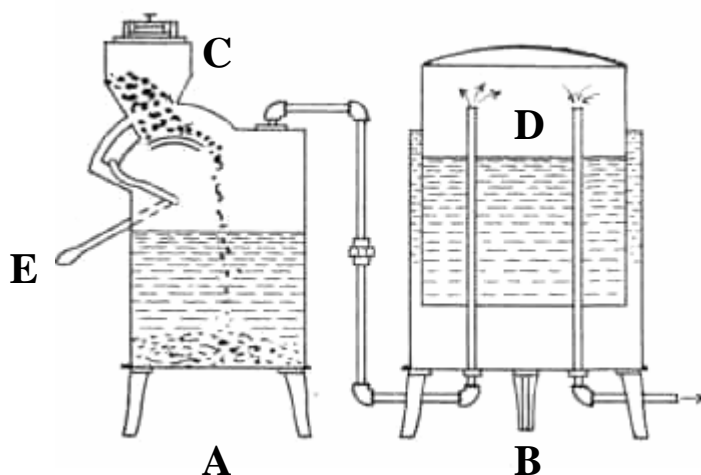
1.2 Historické vyvíječe acetylénu

Předchozí kapitola popisuje vyvíječe a acetylenové stanice v souvislosti s osvětlovací technikou a uvádí jejich využití a rozvoj v této oblasti. Následující kapitola se bude zabývat popisem rozvoje samostatných acetylenových zařízení a možnostmi jejich řízení, užívaných v minulém století.

1.2.1 Základní varianty vyvíječů acetylénu

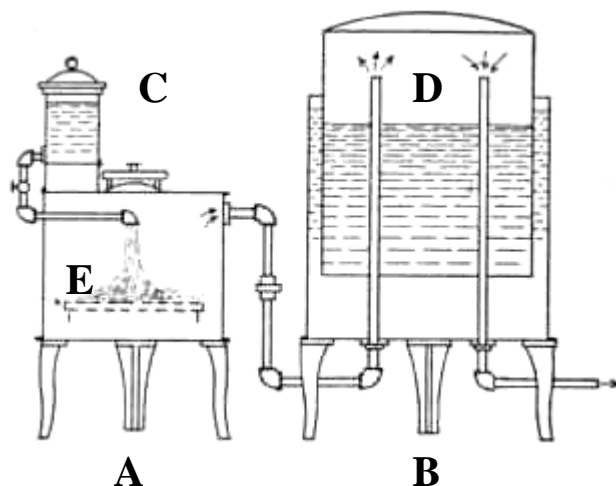
Jak již bylo uvedeno, lze rozlišit dvě základní metody generování acetylénu užívané pro osvětlování a vytápění: metoda kdy je karbid sypan do vody a metoda, kdy je voda vlévána na karbid. Zařízení reprezentující první metodu je na obr. 1.7.

Nádoba označená písmenem (A) je generátor, obsahuje vodní náplň a je vybavena zásobníkem (C) obsahujícím karbid vápníku. Generátor je potrubím propojen s nádrží (B), tato obsahuje vodní náplň a potrubí jí prochází do plynojemu (D), kde se pak acetylén hromadí. Zásoba karbidu, dostatečná k naplnění plynojemu acetylénem je shazována do vodní lázně nádoby (A) pomocí páky (E). Okamžitě po kontaktu vody s karbidem dochází k reakci a bublinky plynu stoupají skrz vodu a jsou vedeny do nádrže (B). Zde dochází k tomu, že je těleso plynojemu nadzvedáváno hromaděným acetylénem a jeho vlastní váha pak vytváří tlak nezbytný pro vhánění plynu do výstupního potrubí a dále k osvětlovacím hořákům.



Obr. 1.7 Vyvíjení acetylénu metodou „karbid do vody“, [13]

Generátor fungující na principu „voda na karbid“ znázorňuje obr. 1.8. Jako v předchozím případě je (A) generátor a (B) zásobník plynu. Potřebné množství karbidu je v generátoru umístěno na reakční ploše (E) a vodě z nádrže (C) je umožněno na karbid skapávat. Acetylén se hromadí v plynojemu (D) jako v předchozím případě.



Obr. 1.8 Vyvíjení acetylénu metodou „voda na karbid“, [13]

Oba prezentované případy vysvětlují podstatu fungování neautomatických generátorů acetylénu a určují jejich hlavní části. V případě srovnání provozních vlastností je výhodnější užívat zařízení na principu sypání karbidu do vody a to ze dvou důvodů. Prvním je skutečnost, že vliv tepla vznikajícího při reakci je výhodně snižován uhašením karbidu ve vodní lázni po vyreagování plynu. Kromě toho vodou napájené generátory jsou schopné vytvářet plyn ještě dlouho poté, co je zamezeno přístupu vody, z důvodu přítomnosti vodních par a vlhkosti odpadního hydroxidu vápenatého. V případě karbidem napájených generátorů probíhá reakce jen krátkou dobu a po vyreagování dávky je reakce zcela ukončena. V obou případech se však jedná o jednoduchá zařízení, kdy je potřeba při poklesu zásoby acetylénu v plynojemu opakovaně ručně vsypávat karbid do vodní lázně či umožnit vodě stékat na karbid. Tento nedostatek byl odstraněn zavedením automaticky pracujících mechanismů do základní konstrukce vyvíječů.

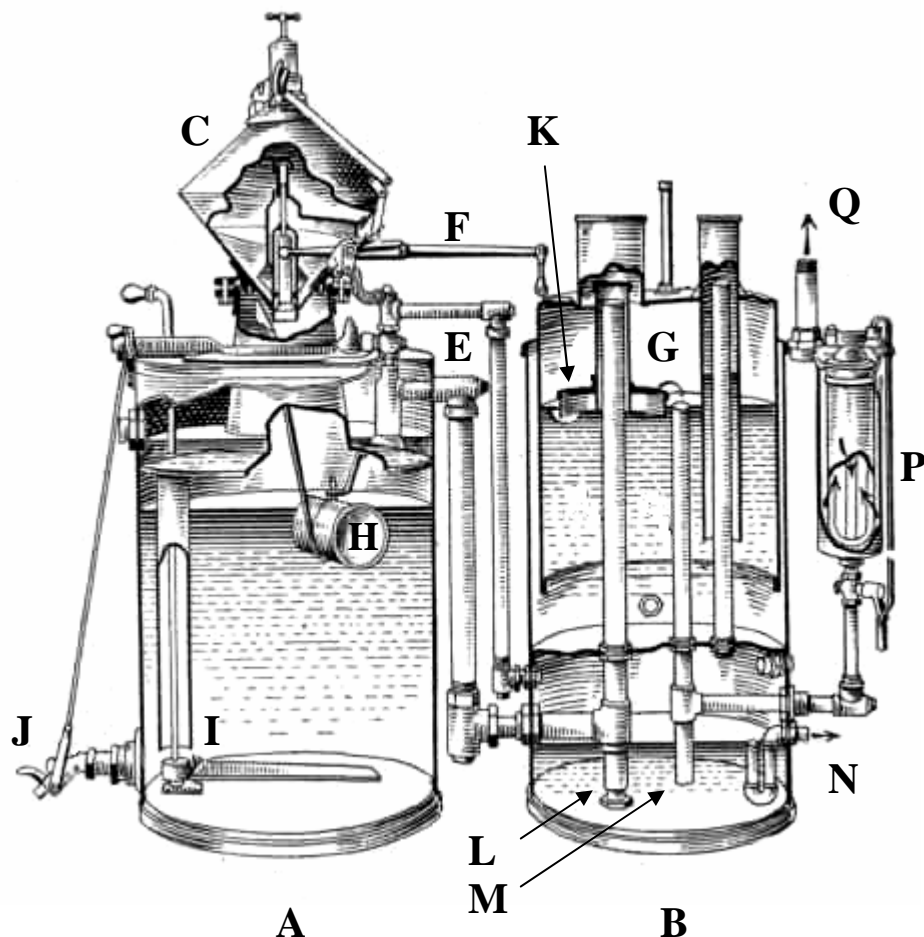
1.2.2 Automatizace konstrukce vyvíječů acetylénu

Základním předpokladem pro optimální funkci obou verzí přístrojů je udržení dostatečného množství plynu v plynojemu, na které je zařízení navrženo a které je potřeba kontinuálně odebírat. Nedokonalost mechanismu způsobila v období užívání acetylenových generátorů mnoho nehod se závažnými následky. Proto byly nedostatky postupně odstraňovány až k zařízení, které dokázalo dobře fungovat a bylo bezpečné. Obecně bylo možno za měřítko kvality zařízení považovat následující kritéria, dle [15]:

- musí být zajištěno vyreagování karbidu bezzbytku
- v žádné části zařízení nesmí dojít k podmínkám umožňujícím vznik explozivní směsi acetylénu se vzduchem
- musí být konstrukčně jednoduché a snadno ovladatelné,
- mělo by být vybaveno indikátorem pro určení množství karbidu v zásobníku a signalizovat potřebu doplnění náplně

Z důvodů uvedených v předchozí kapitole je pro další popis užito zařízení na principu sypání karbidu do vody. Na obr. 1.9 je zobrazen gravitačně plněný generátor a jeho vnitřními funkční části. Nádoba (A) tvoří generátor a nádoba (B) obsahuje plynojem značený (G). Každá nádoba je vybavena řadou komponentů nutných pro zajištění automatického fungování zařízení. Zásobník (C) obsahuje karbid, jenž propadává v potřebných dávkách do vody, kdykoliv je potřeba zvýšení obsahu plynu v plynojemu. Dávkování je regulováno vahadlovým mechanismem (F) ovládaným zvonem plynojemu, jenž je nadzvedáván plynem v něm obsaženým. Když zásoba plynu poklesne, poklesne i zvon plynojemu a stáhne konec vahadlového mechanismu (F), jenž je připojený k plnicí záklopce. Tento pohyb způsobí přizvednutí záklopký a dovolí propadnutí části karbidu do vody. Plyn z generátoru, který je okamžitě generován, prochází do plynojemu skrze potrubní vedení (E) a v okamžiku, kdy zvon plynojemu opět stoupne díky nakumulovanému plynu, je záklopka uzavřena.

Dalším regulačním prvkem generátoru je bezpečnostní plovák (H). Jedná se o kovový válec spojený táhlem se záklopkou zásobníku karbidu. Plovák sleduje hladinu vody v nádobě a při jejím nedostatečném množství svým poklesem zásobník uzavře. Posledním důležitým prvkem nádoby generátoru je páka (I), určena k rozmíchání vápence usazeného na dně nádoby. Vápenec je v daných cyklech potřeba odstraňovat a jeho rozmíchání ve vodní náplni umožňuje ho vypustit kohoutem (J) pryč.



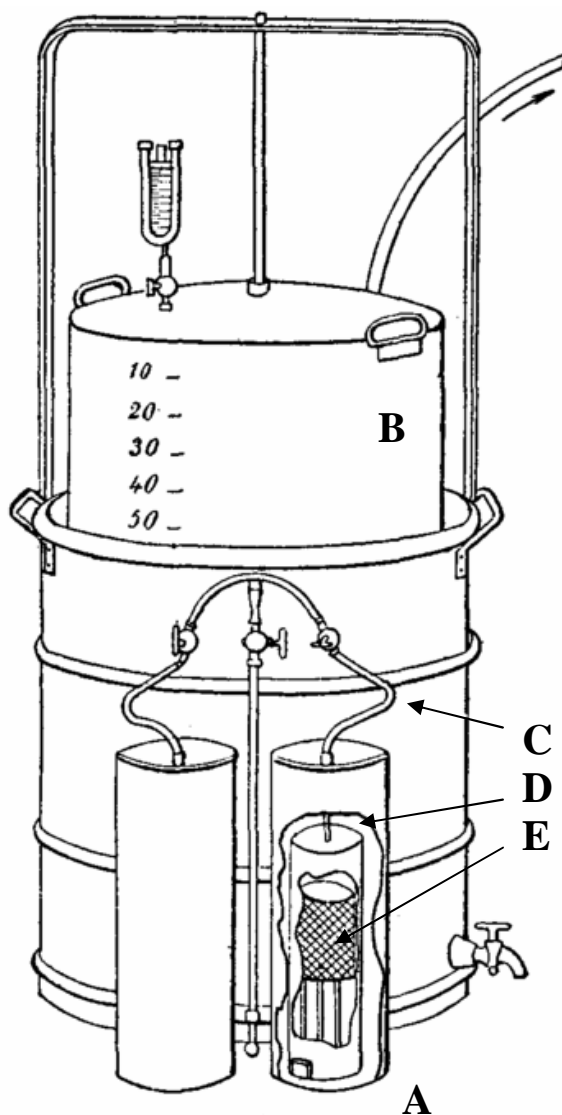
Obr. 1.9 Automatizovaný gravitačně plněný generátor acetylénu, [13]

Plyn z generátoru vstupuje do plynojemu skrze dutý přípravek ve tvaru převráceného T (na obr. značen (K)). Tento prostupuje vodní hladinou a je na spodním okraji opatřen zubovým profilem. Plyn díky zubům vniká do vody ve formě drobných bublinek a je tímto současně zbavován i pevných nečistot pocházejících z generátoru. Toto zařízení taktéž zabraňuje zpětnému vstupu plynu do generátoru, především v případě, kdy probíhá doplňování karbidu. Nádoba (B) je dále členěna do dvou oddělení. Horní obsahuje vodní náplň, na které plave plynojem a spodní je taktéž zaplněno vodou, která plní funkci bezpečnostní bariéry proti úniku plynu do vnějšího prostředí. Dolní konce potrubí (L) a (M) ústí u dna tohoto oddělení a umožňují tedy plynu unikat v případě, že dochází k jeho nadměrnému generování. Přebytky nakonec odchází odvětrávacím potrubím (N). Acetylén prochází při opouštění plynojemu a filtrem (P), kde je veškerý prach, který mohl projít procesem praní, zachycen plstěným filtrem. Plyn nakonec opouští zařízení potrubím (Q), v tomto bodě je dále rozdělován k jednotlivým osvětlovacím příslušenstvím. Zařízení tohoto typu jsou chráněna proti úniku acetylénu nebo možnosti nahromadění tlaku a nepředstavují žádné nebezpečí pro práci s acetylénem. Jediné nebezpečí představuje únik plynu z poškozených potrubí či příslušenství.

1.2.3 Vybrané typy vyvíječů acetylénu

V období nejvýznamnějšího rozmachu užívání a výroby acetylénu, na počátku 20. století, vznikaly vyvíječe vyznačující se dobrou funkčností a především vysokou bezpečností. Pro tuto kapitol jsou vybrány nejužívanější typy zařízení.

Obrázek 1.10 znázorňuje automatický generátor pracující na principu přivádění vody na karbid. Členění na generátor (A) a plynojem (B) zde zůstává zachováno. Voda v nádrži, ve které je umístěn zvon plynojemu, je dodávána do generátoru prostřednictvím flexibilní trubice (C). Její ústí je ke zvonu připojeno a v případě, kdy je v něm plynu dostatek se nachází nad úrovní vodní hladiny. Pokud je plyn spotřebován, zvon poklesne i s trubicí a ta začne distribuovat vodu do horní části generátoru. Tento je tvořen zplyňovacím prostorem (D) a vyvíjecí komorou tvaru svislého válce s košem napěchovaným karbidem (E). Uvolňování acetylénu způsobuje zvýšení tlaku v generátoru a zamezení přítoku již nepotřebné vody. Současně plyn odchází vedením ve spodní části generátoru do plynojemu, kde vyvolá nadzvednutí zvonu a definitivní přerušení dodávky vody.

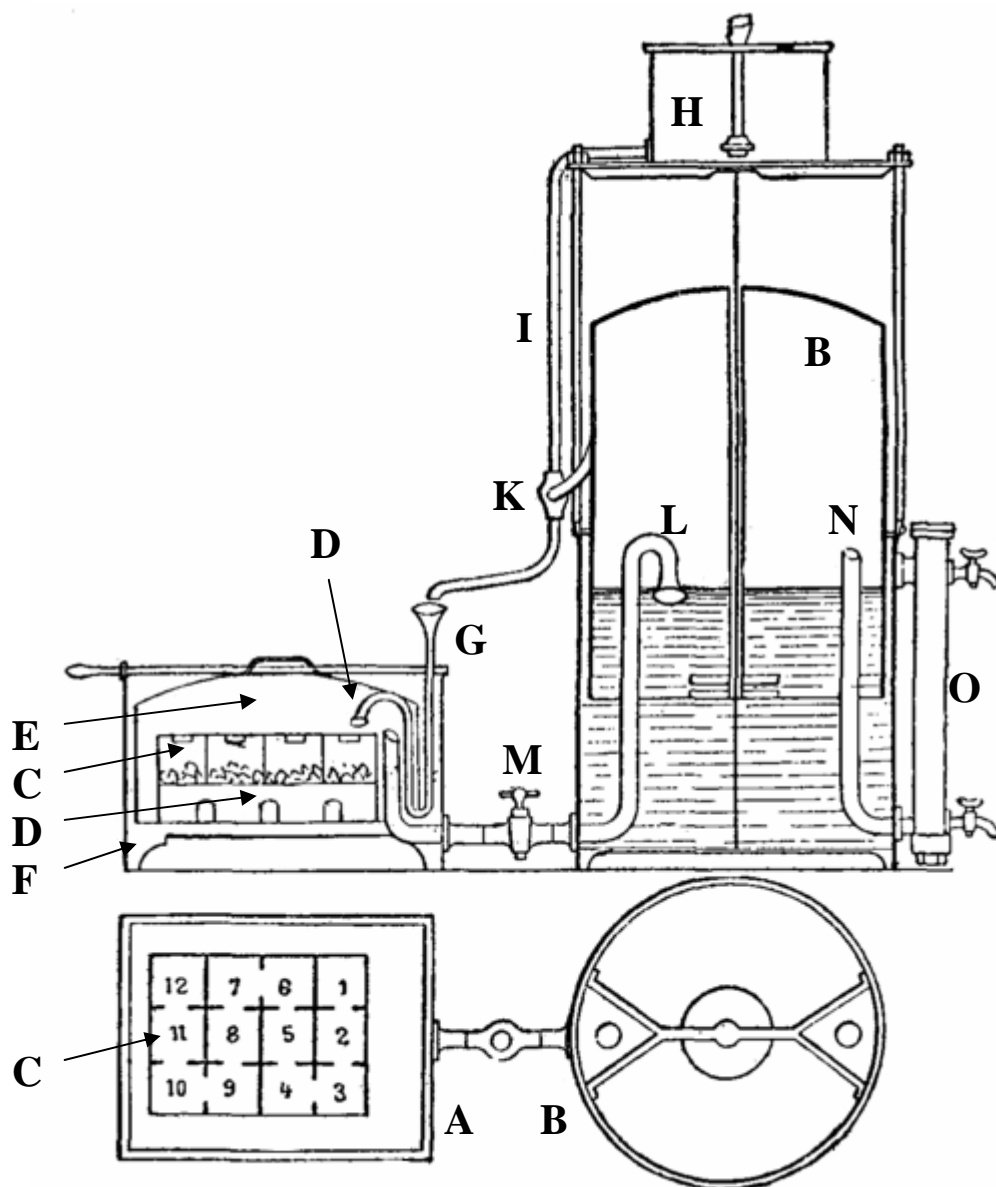


Obr. 1.10

Allen/Trouvé generátor acetylénu, [14]

Zařízení větších rozměrů mívají připojeny dva generátory a umožňují převádět přítok vody z jednoho na druhý. Pokud je jeden z generátoru vyčerpán, automaticky vstupuje do procesu druhý. Toto řešení umožňuje doplňování karbidu bez přerušení dodávky plynu do plynojemu. Toto zařízení bylo označováno podle konstruktéra jako Trouvé-ův generátor či podle výrobce THE ALLEN CO., London [16].

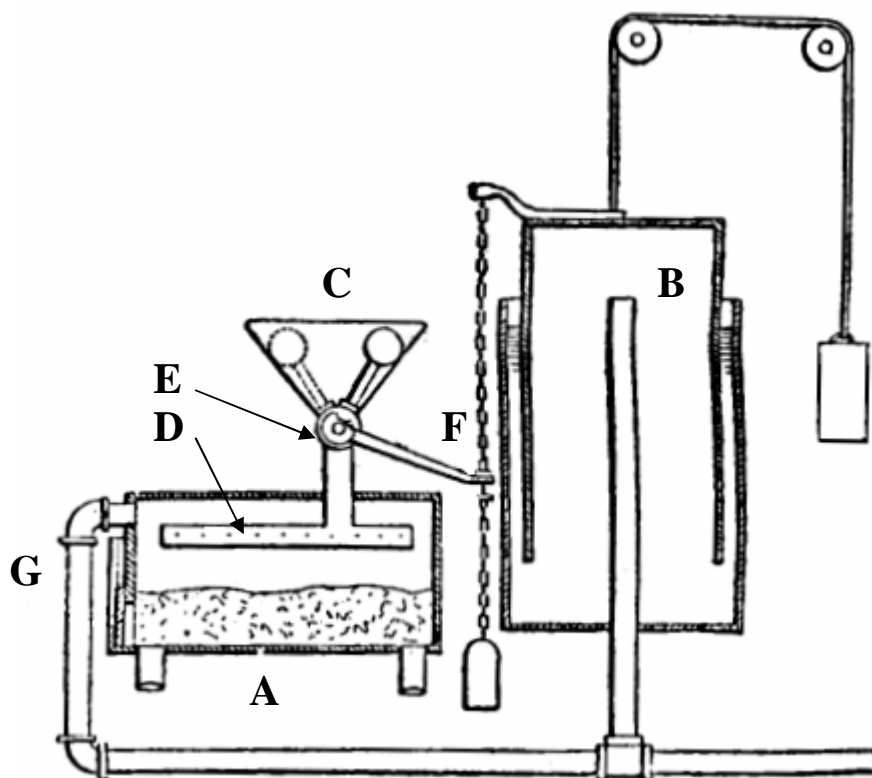
Dalším, taktéž anglickým výrobcem vyvíječů acetylénu byla společnost THE BON-ACCORD ACETYLENE GAS CO. Obrázek 1.10 znázorňuje automatický generátor pracující na principu přivádění vody na karbid. Acetylén je produkován reakcí vody dopadající v malých dávkách na karbid uložený v generátoru (A), dle obr. 1.11. Tento je rozdělen na oddělení (C) a voda jich dosahuje postupně tím způsobem, že když je karbid v prvním oddělení vyčerpán, voda přejde do dalšího a tak dále. Jedná se o zaplavovací princip generování, zmíněný v kapitole 1.1. Oddělení jsou umístěna v kontejneru (D) a jejich velikost a počet je dán potřebným množstvím náplně, tedy od 200 g do 2 kg karbidu. Kontejner je uzavřen v obdélníkovém zásobníku (E), který vstupuje do uzavíratelné nádoby (F). Nádoba je do dvou třetin naplněna vodou a slouží jako hydraulická bariéra proti úniku plynu do místnosti a zároveň jako chladič. Zásobníkem (E) prochází vodící potrubí (G) zakončené nálevkou, do které stéká voda ze zásobníku (H), vedená potrubím (I). Voda protéká skrz zakončení (J) potrubí (G) do prvního oddělení.



Obr. 1.11 Bon generátor acetylénu , [14]

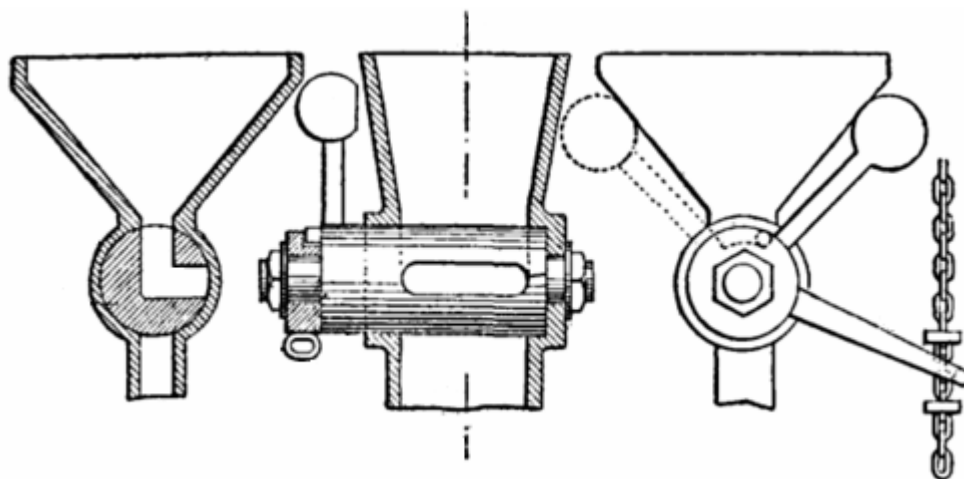
Voda vstupující do prvního oddělení vyvolává reakci a dochází k uvolňování acetylénu. Voda zaplňuje oddělení po dobu reakce a následně vytéká do následujícího oddělení otvorem na horní hraně přepážky. Tento proces probíhá dokud nejsou zaplavena všechna oddělení. Přítok vody do komor je regulován automaticky prostřednictvím kohoutu (K), ovládaného pohybem plynojemu (B). Nadzvednutí zásobníku nahromaděným plynem způsobí uzavření kohoutu a naopak. Uvolněný acetylén vstupuje do plynojemu skrze potrubí (L), jenž je tvarováno do labutího krku rozšířeného do nálevky. Plyn je takto nucen probublávat skrze vodní hladinu, přičemž dochází k jeho ochlazování a očištění. Spojovací potrubí je osazeno ventilem (M), který umožňuje spojení generátoru a plynojemu, přerušení kontaktu mezi nimi, či otevření obou uvedených částí do okolního prostoru. Celková kapacita plynojemu je navržena tak, aby v něm mohl být uložen acetylén vyprodukovaný jediným oddělením, dokud neunikne potrubí (N). Acetylén prochází čistícím sloupcem (O) vyplněným pemzou, nasycenou roztokem sulfátu mědi a obsahujícím navíc tenké vrstvy karbidu vápníku. Účelem sulfátu je očištění plynu od fosforu a síry. Vrstvy karbidu slouží k vysoušení acetylénu.

U všech dosud jmenovaných automatických generátorů se vyskytuje negativní vlastnost, dána charakterem regulování přísunu vody či karbidu do reakční oblasti prostřednictvím zásobníku plynojemu. Ve skutečnosti může ovládaný kohout či záklopka karbidu zůstat otevřena do doby, než se zásobník zcela přesune. Takto může dojít k stečení přebytku vody na karbid, nebo obráceně vsypání přebytku karbidu do vody, a k vyreagování většího množství plynu než je zásobník schopen pojmout. Touto problematikou se zabýval Američan Edwarda N. Dickerson, jenž v roce 1895 v New Yorku patentoval zařízení, zabraňující takové nadprodukci. Jeho účelem je tedy poskytovat generátoru plynu jen takové množství vody či karbidu, aby byl plynem optimálně zaplněn.



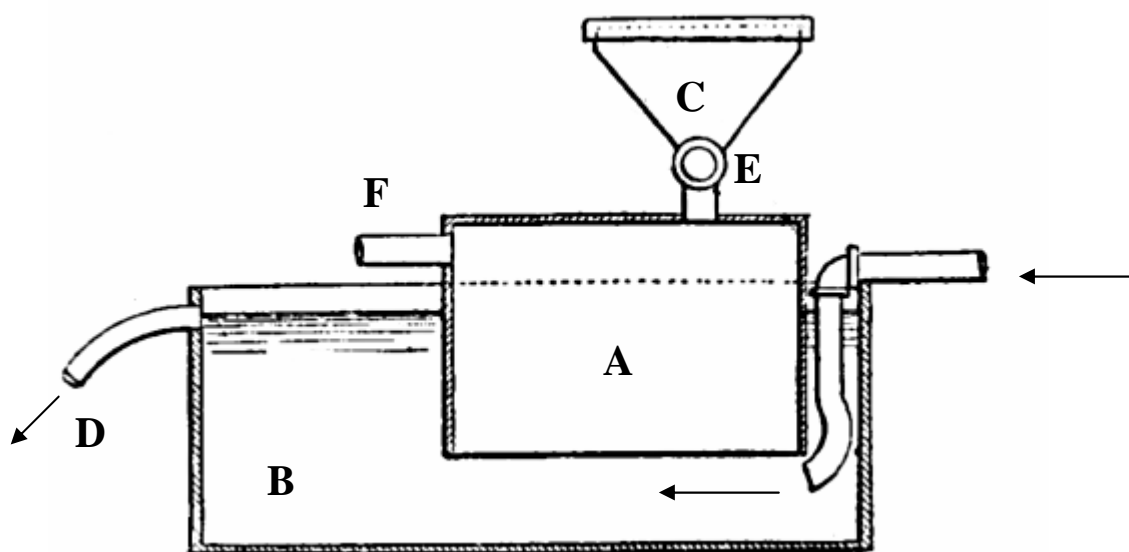
Obr. 1.12 Dickersonův generátor acetylénu s přerušovaným přívodem vody , [15]

Dickersonův generátor acetylénu (obr. 1.12) vychází ze standardní konstrukce pro princip přívodu vody na karbid, ale doplňuje jí speciálně upraveným dávkovacím kohoutem. Generátor (A) obsahuje zásobu karbidu, nad nímž se nachází rozváděč vody (D) propojený potrubím se zásobníkem (C). Zásobník je opatřen dávkovacím kohoutem (E) s protiváhou, který střídavě otevírá a zavírá cestu mezi vodní zásobou a generátorem. Kohout je ovládán pákou spojenou s řetězem (F), který se pohybuje společně s plynojemem (B) a páku vychyluje. Generátor je s plynojemem propojen potrubím (G), které současně odvádí acetylén ke spotřebiči. Kohout (obr. 1.13) je vybaven kuželkou se dvěma kanály, natočenými vůči sobě o 90° . Kuželce je umožněno otočení pouze v rozmezí $0 - 90^\circ$ v závislosti na poloze páky. Na obr. 1.13 je prezentována situace, kdy je plynojem v nejvyšší poloze. V této situaci je jsou kanály naplněny vodou, v závislosti na jejich kapacitě, kterou lze upravit zvětšením rozměrů kanálů. Pokud dojde k poklesu plynojemu je kuželka pákou otočena a voda obsažená v kanálech dopadá na karbid, ale další množství vody už není schopno vstoupit do reakční komory, protože je kohoutem přerušeno spojení mezi zásobníkem a generátorem.



Obr. 1.13 Detail dávkovacího kohoutu , [15]

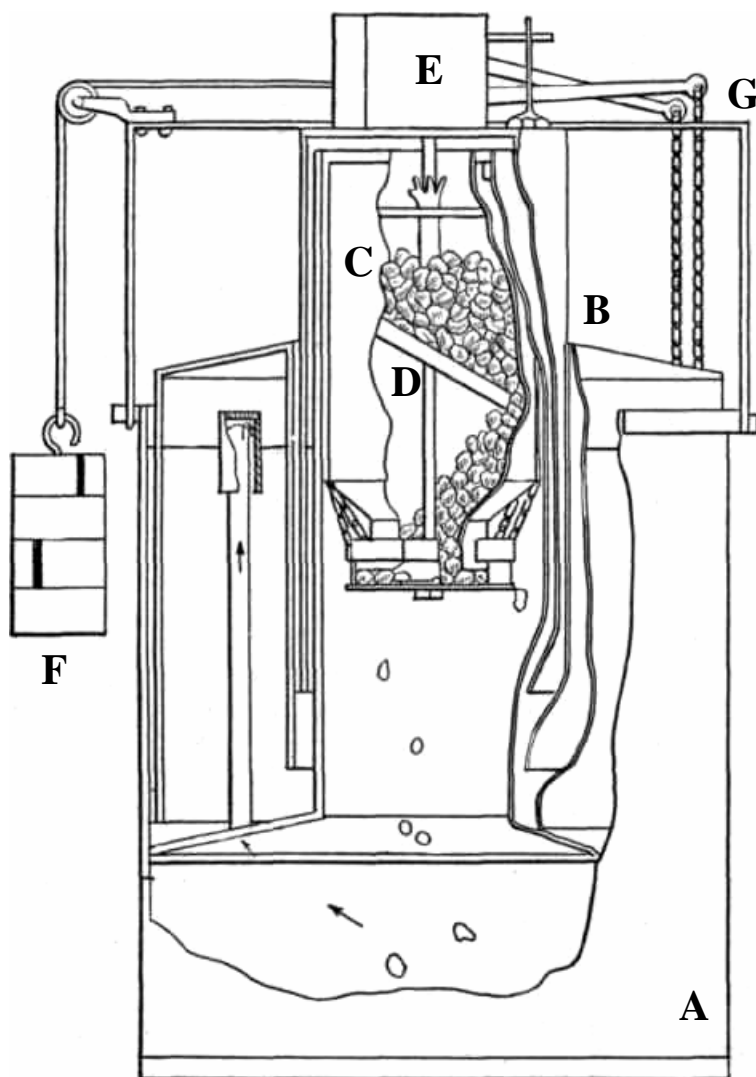
Acetylén vyprodukovaný reakcí vody a karbidu nadzvedne plynojem, který pak otočí kuželku kohoutu a umožní nové vodní náplni vstup do kanálů. Pouze v případě, že zásobník zase poklesne je vodě umožněno spadnout na karbid. Množství vody, které je kohout schopen pojmout není dostatečné pro výrobu plynu převyšující kapacitu plynojemu a je nemožné dodat další množství vody dokud není plynojem opět vyprázdněn.



Obr. 1.14 Dickersonův proudový generátor acetylénu , [15]

Stejný princip dávkování lze uplatnit i v případě principu sypání karbidu do vody. Zásobník (C) proudového generátoru (obr. 1.14) musí být plněn karbidovým práškem a je uzavřen krytem bránícím nežádoucímu úniku plynu. Dávka karbidu zachycená k kanálům kohoutu (E) spadá do generátoru (A), jehož dno je otevřené a je umístěn v nádrži (B) skrze kterou proudí voda a uniká pryč přes odpadní potrubí (D) a přitom odvádí i vápno vznikající chemickou reakcí. Acetylén vzniká okamžitě po kontaktu s vodou a je odváděn do plynojemu potrubím (F).

Pro výše uvedená zařízení je charakteristické dělení na samostatný generátor a k němu připojený plynojem, ale byla využívána i konstrukční řešení slučující obě nádoby do jednoho tělesa. Příkladem je gravitačně plněný automatický generátor acetylénu americké společnosti DAVIS ACETYLENE CO., Indiana, (obr 1.15). Základem zařízení je vnější nádoba naplněná vodou (A), na níž je umístěn vyrovnávací zvon plynojemu (B), tvořený dvěma stěnami. Vnější tvoří plynojem a vnitřní obklopuje válec vystupující z vrcholu generátoru. Uvnitř je umístěna komora (C) obsahující karbid, s rotačním podávacím mechanismem (D), jenž uvádí do pohybu hodinový strojek (E), poháněný závažím (F). Karbid padá z komory na široký kotouč a díky jeho rotačnímu pohybu a pohybu sklopeného shrnovače je karbid shrnován do vody rovnoměrně v každém směru a nemůže dojít k ucpání podávacího mechanismu. Reakcí uvolněný plyn nadnáší zvon plynojemu až do okamžiku, kdy je práce hodinového strojku přerušena kontrolní pákou (G). Tento stav trvá dokud zvon nepoklesne.



Obr. 1.15 Davis gravitační generátor acetylénu , [17]

Výhodou tohoto generátoru je jeho kompaktnost a dále možnost užívání zrnitého karbidu, což zaručuje pomalou reakci, která proběhne než zrno karbidu dopadne na dno nádoby. Zrnitý karbid totiž poskytuje o 10 % více plynu než kámen rozemletý na prášek. Hodinový strojek, poháněný závažím, představuje nezávislý zdroj pro podávací mechanismus. Nedochází ke zbytečnému nadměrnému napájení a karbid je dodáván jen když je potřeba zvýšit tlak plynu. Současně poloha závaží indikuje množství karbidu v zásobníku. Získaný plyn má vždy bezpečnou teplotu, díky značnému nadbytku vody, ve které dochází k jeho ochlazení a plynulost práce mechanismu zaručuje stabilitu tlakové hladiny odebíraného plynu.

V tabulce 1.1 je proveden přehled vyvíječů acetylénu, uvedených v této kapitole, a jsou určeny jejich výhody, nevýhody. Každé zařízení bylo následně ohodnoceno známkou, určující jeho technickou úroveň, funkčnost a bezpečnost. Konstrukční řešení Davisova generátoru je hodnoceno nejlépe, díky jeho efektivnosti. Na druhé pozici umístěný generátor Bon je schopen zpracovat karbid libovolné velikosti, protože lze přizpůsobovat rozměry jeho reakční oblasti. Známkou tři jsou hodnocena zbylá zařízení. Generátor Allen je sice schopen pracovat nepřetržitě, ale je nutné užívat práškový karbid s nízkou výtěžností plynu a dochází u něj k tvorbě přebytků. Oproti tomu Dickersonovy generátory jsou schopny přesně dávkovat přívod reakčních látek, ale toto je umožněno pouze na úkor přerušování dodávky plynu.

Zdroje: [14,15] – internetový přepis publikace: Various Authors, Scientific American Supplement, Munn & Co., 1891-1898.

[17] – internetový přepis publikace: Richard N. Hart, Welding Theory, Practice, Apparatus And Tests Electric, Thermit And Hot-Flame Processes, The McGraw-Hill Book Company, 1910

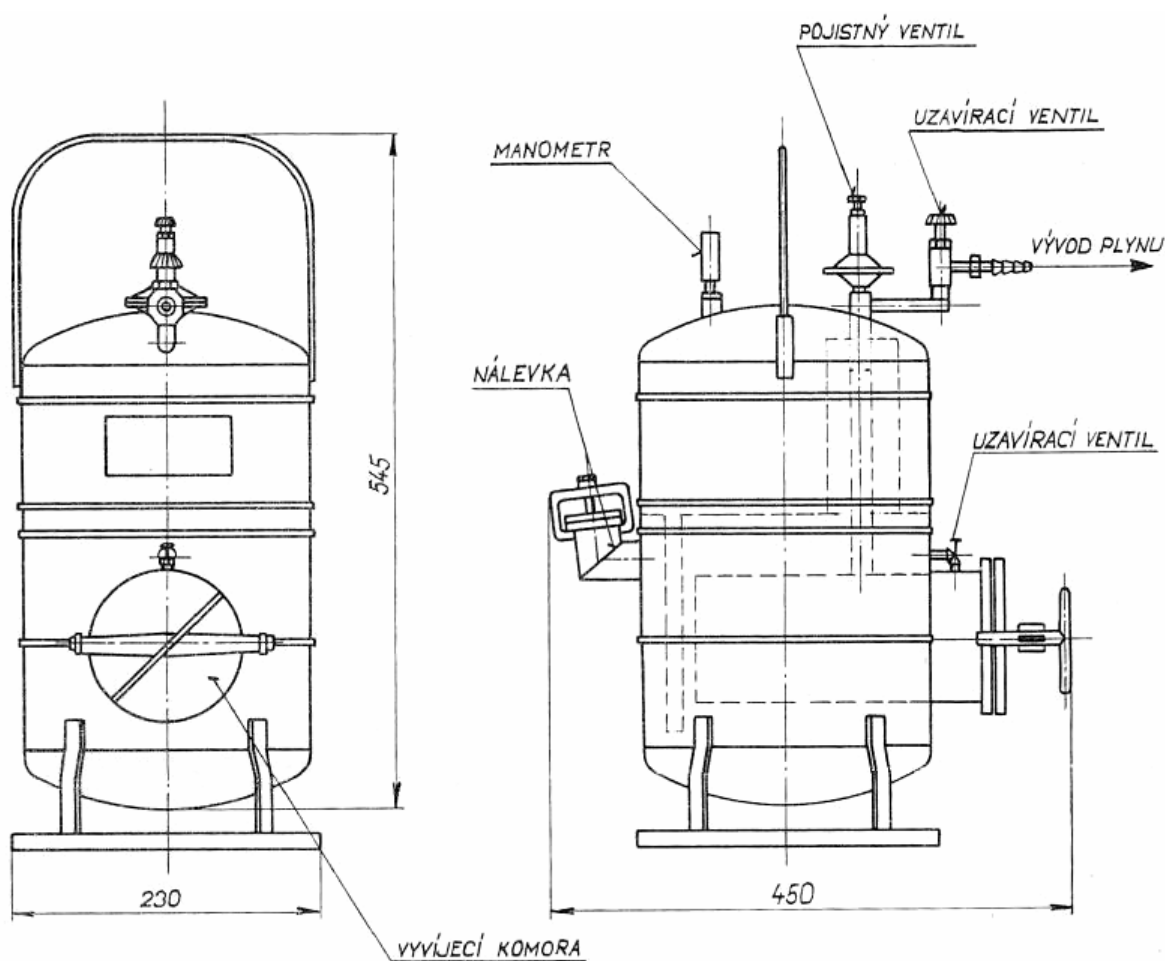
[13] – internetový přepis publikace: E. S. Keene, Mechanics Of The Household, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1918

Generátor	Allen / Trouvé	Bon	Dickerson	Dickerson	Davis
Obr.	1.10	1.11	1.12	1.14	1.15
Typ	Voda na karbid	Voda na karbid	Voda na karbid	Karbid do vody	Karbid do vody
Systém (dle kap. 1.1)	Kapací / tlakový	Zaplavovací	Kapací	Proudový	Gravitační
Konstrukce generátor / plynojem	Dělená	Dělená	Dělená	Dělená	Složená
Výhody	Kontinuální provoz bez přerušení díky možnosti zapojení více generátorových jednotek a jejich střídání	Možnost užití karbidu libovolné velikosti	Přesné dávkování reakční vody, nevznikají přebytky plynu	Přesné dávkování karbidu, nevznikají přebytky plynu	Efektivní podávací mechanismus, provoz bez přebytků, výhoda zrnitého karbidu
Nevýhody	Dochází ke generování přebytku, je nutno je odpouštět, plnění práškovým či jemnozrnným karbidem	Nutno přerušit provoz pro doplnění karbidu, generování přebytků	Reakce se obnoví až po vyprázdnění plynojemu, což způsobuje přerušení dodávky plynu	Reakce se obnoví až po vyprázdnění plynojemu, přerušovaná dodávky plynu, nutno užívat práškový karbid	Doba provozu je omezena pohonem hodinového strojku, nutno přerušit provoz pro doplnění náplně
Hodnocení	3	2	3	3	1

Tab. 1.1 Srovnávací tabulka vybraných generátorů acetylénu

1.3 Historické vyvíječe acetylénu na našem území

V průběhu 1. poloviny 20. století, kdy vyvíječe acetylénu prošly vývojem od jednoduchých až po automatická a spolehlivá zařízení, došlo také k postupné změně jejich účelu. Díky postupné elektrifikaci a rozvoji svařování a řezání kovů se začala využívat druhá nejvýznamnější vlastnost acetylénu, a to jeho schopnost hořet ve směsi s kyslíkem plamenem s teplotou až 3200°C. Na našem území se vývojem a výrobou vyvíječů acetylénu určených pro svařování zabýval například podnik Chotěbořské kovodělné závody, založen roku 1945.



Obr. 1.16 Vyvíječ acetylénu OT – MA ½ kg ,Chotěbořské kovodělné závody, [18]

Na obr. 1.16. je znázorněn vyvíječ acetylénu OT – MA ½ kg vyráběný závody od roku 1949. Jedná se o automatický vyvíječ pracující na principu přivádění vody na karbid. Zařízení je vybaveno zásuvkou, kterou lze vyjmout a naplnit, v případě tohoto typu, 0,5 kg karbidu vápníku o zrnitosti 30 – 60. Takto naplněná zásuvka je vložena zpět do vyvíjecí komory a uzavřena.

Dále je potřeba naplnit přístroj vodou prostřednictvím nálevky a uzavřít. Uzavírací ventil nad vyvíjecí komorou je nyní otevřen a vodě je umožněno smáčet karbid za současného vývinu plynu. Uvolněný plyn se shromažďuje a vytlačuje vodu zpět, čímž přeruší reakci až do okamžiku, kdy je odebrán a vodě je znovu umožněno vstoupit do vyvíjecí komory. Zařízení pracuje zcela automaticky a výrobcem je doporučeno pouze pro letovací hořáky bez přívodu tlakového kyslíku nebo vzduchu, protože v základním provedení není vybaveno předlohou proti zpětnému šplhání plamene. Technické detaily zařízení jsou uvedeny v tabulce 1.2.

SYSTÉM			ZÁSUVKOVÝ
OBRYSOVÉ ROZMĚRY		[mm]	230 x 450 x 545
POTŘEBNÝ PROSTOR K PROVOZU		[mm]	500 x 1000 x 1500
VÁHA VYVÍJEČE	PRÁZDNÝ	[kg]	7
	V PROVOZU	[kg]	13,2
KARBID	NÁPLŇ	[kg]	0,5
	ZRNITOST	[-]	30 – 60
TLAK	MAXIMÁLNÍ	[bar]	1,5
	PROVOZNÍ	[bar]	0 – 1,5
NÁPLŇ VODY		[l]	5,7
MAX. VÝVIN PLYNU		[m ³ /hod]	0,3

Tab. 1.2 Parametry vyvíječe acetylénu OT – MA ½ kg, [18]

Obrázek 1.17 představuje doplnění základní konstrukce uvedeného vyvíječe o odlučovač vodní páry, filtr pro odstranění fosfinu a sulfanu a redukční ventil. Takto upravený vyvíječ společně s kyslíkovou lahví umožňuje kyslíko acetylenové svařování ocelí cca do 3 mm tloušťky.



Obr. 1.17 Doplnění základní verze zařízení o komponenty umožňující práci dle současných standardů, [18]

2. Rozbor trhu

V současnosti jsou jako zdroj acetylénu pro svařování a řezání kovů využívány především ocelové lahve, vyvíječe tak jak byly prezentovány v předchozích kapitolách ustoupily do pozadí zájmu. Ale vzhledem k ekonomickým podmínkám provozu acetylenových zařízení napájených z lahví se tato situace začíná obracet ve prospěch vyvíječů. Následuje přehled vybraných zařízení současně dostupných na trhu podle obsahu náplně a v závěru kapitoly bude provedeno ekonomické porovnání vyvíječů a acetylenových lahví.

2.1. Přehled acetylenových vyvíječů na trhu

Nejmenší, vzhledem k náplni a současně nejrozšířenější vyvíječe acetylénu dostupné na trhu jsou tzv. karbidky (obr. 2.1), užívané pro sportovní účely a pouze pro svícení. Obecný přehled jejich parametrů je uveden v tabulce 2.1. Jedná se o nejjednodušší verzi vyvíječů, fungujících na principu kapání vody na karbid (viz. kapitola 1.1).

Velikost náplně	cca do 500 g
Celková váha	cca do 600g
Cena	cca od 1500 do 2500 Kč
Doba svícení	cca 6 hodin
Materiál konstrukce	ocel, titan, dural, hliník, plast

Tab. 2.1 Obecný přehled parametrů karbidek, dle [19]



Obr. 2.1 Karbidová lampa CIRILO, 250x72 mm, [19]

Vzhledem k využívání tohoto druhu pro jeskynářské účely je důležitá jejich nízká celková hmotnost a maximální doba svícení.

Druhou velikostní skupinu tvoří vyvíječe schopné pojmout karbid o hmotnosti od 1 do 10 kg. Obecně se jedná o zařízení užívaná v kombinaci s kyslíkovými lahvemi pro svařování a řezání, ale je možné je připojit i k automaticky pracujícím řezačkám a dalším výrobním strojům, pracujícím s acetylénem. Na obr. 2.2 jsou zobrazeny mobilní vyvíječe acetylénu společnosti RETERZ spol. s r.o., Ostrava – Vítkovice. Jedna se o automatická zařízení pracující na principu noření karbidu do vody. Jejich funkční princip odpovídá vyvíječi navrhovanému v této práci a je detailně vysvětlen v kapitole 3. Parametry uvedených vyvíječů jsou uvedeny v tabulce 2.2.

Typ vyvíječe	Obsah náplně	Rozměry nádoby	Váha	Cena
	[kg]	[mm]	[mm]	[Kč]
VA 01	1	Ø206 x 597	22	28000
VA 02	2	Ø206 x 597	26	35000
VA 05	5	Ø276 x 663	40	43000

Tab. 2.2 Přehled parametrů vyvíječů acetylénu RETERZ



Obr. 2.2 Vyvíječe acetylénu RETERZ, zleva VA 01, VA 02 a VA05, dle [20]

Vyvíječe jsou tvořeny válcovou nádobou s eliptickým dnem, uzavřenou víkem osazeným ovládací a zabezpečovací armaturou. Pro snadnější přemísťování jsou k nádobě instalována dvě kolečka, podpěrná noha a výsuvné madlo. Všechny součásti vyvíječe jsou chráněny proti korozi pozinkováním. Maximální provozní tlak je $0,15 \text{ MPa}$ což řadí zařízení vysokotlakým vyvíječům (dáno dle ČSN 69 4911 Acetylenové stanice a sklady karbidu, [5]) s výkonem $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}$.

Kromě zmíněné společnosti se výrobou vyvíječů jiný český podnik nezabývá.

Třetí velikostní skupinu představují vyvíječe nad 10 kg karbidu vápníku. Tato hranice je dána normou ČSN 69 4911. Tato předepisuje podmínky konstrukce a práce, které nejsou u nižších velikostí vyžadovány. Například norma předepisuje nutnost opatřit vyvíječ plynovými armaturami pro odběr vzorku plynu, musí být umístěn do acetylenové stanice, před zahájením reakce je potřeba vytlačit vzduch z reakční oblasti dusíkem, musí být realizovány prvky pro úpravu a uskladnění odpadního hydroxidu vápenatého, atd. Horní hranice množství náplně karbidu není omezená a lze se setkat s vyvíječi pracujícími s několika stovkami kilogramů karbidu vápníku. Plně automatické zařízení na obrázku 2.3 pracuje na principu dávkování karbidu do vody ze zásobníku, prostřednictvím šnekového dopravníku a je schopno produkovat $25 - 200 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}$ acetylénu. Výrobce Bhartiya Cryogas, Indie.



Tab. 2.3 Vyvíječ acetylénu Bhartiya Cryogas, dle [21]

2.2. Ekonomické porovnání

Pro zhodnocení rozdílu mezi vyvíječi acetylénu a acetylenovými lahvemi je využito porovnání objemu plynu, který je daná jednotka schopná poskytnout.

Acetylen je v ocelové lahvi rozpuštěn v acetonu a zachycen v porézní hmotě vyplňující láhev. Analýza je provedena pro standardní čtyřicetilitrovou láhev. Dle technické zprávy [], je 1 l acetonu schopen rozpustit 23 l acetylénu při teplotě 15°C a atmosférickém tlaku 101,325 kPa.

Výpočet objemu acetylénu v ocelové lahvi, dle []:

$$O = \frac{A_A}{100} \cdot V_L \cdot s_A \cdot p_L \quad [l] \quad (2.1)$$

$$O = \frac{40}{100} \cdot 40 \cdot 23 \cdot 15$$
$$O = \underline{\underline{5520l}} \quad (2.2)$$

kde, dle [x]: A_A – objem acetonu v poměrné částí objemu láhve, $A_A = 40$

V_L – objem láhve v litrech, $V_L = 40l$

s_A – rozpustnost acetylénu v 1 litru acetonu, $s_A = 23(l/l)$

p_L – tlak plynu v láhvi x 10, $p_L = 1,5 MPa \cdot 10$

Vyvíječ je schopen vyrobit z 1 kg karbidu vápníku $V_A = 344l$ acetylénu, viz. kapitola 3.3. Porovnáním objemu plynu poskytovaného lahví O a vyvíječem V_A lze určit, kolik kilogramů karbidu vápníku odpovídá uvedenému čtyřicetilitrové lahvi.

Objemový poměr acetylenových jednotek:

$$P = \frac{O}{V_A} \quad [-] \quad (2.3)$$

$$P = \frac{5520}{344}$$
$$P = \underline{\underline{16,046}} \quad (2.4)$$

Z výsledku rovnice (2.4) vyplývá, že na objem acetylénu, který je možno získat z čtyřicetilitrové lahve, odpovídá cca 16 kg karbidu vápníku. Současná cena jednoho litru acetylénu v lahvi je cca $c_L = 100 \text{ Kč}$ (dle [22]) a 1 kg karbidu $c_K = 38 \text{ Kč}$ (dle [19]).

Ekonomický výsledek:

$$E = \frac{V_L \cdot c_L}{P \cdot c_K} \quad [-] \quad (2.5)$$

$$E = \frac{40 \cdot 100}{16,046 \cdot 38}$$

$$E = \underline{\underline{6,56}} \quad (2.6)$$

Podle výsledků ekonomické kalkulace (2.6) lze konstatovat, že užití vyvíječe acetylénu je přibližně 6,5 násobně levnější, než užití lahve. Tento fakt je hlavní příčinou současného rozvoje zájmu o technologii vyvíječů acetylénu a i vysoká nákupní cena zařízení je za uvedených podmínek rentabilní.

3. Charakteristika navrhovaného zařízení

Ze zadání diplomové práce vyplývají základní podmínky pro návrh a konstrukci vyvíječe acetylénu. Jednotka musí být kompaktní a mobilní, schopna pojmout a zpracovat 10 kg karbidu vápníku, jehož doplňování bude snadné a rychlé. Celek má být optimalizován na minimální hmotnost. Taktéž musí být zajištěno odvádění odpadních látek a čištění vnitřního prostoru zařízení. Dále je potřeba navrhnout řídicí, ochranné a provozní prvky vyvíječe. Funkční princip je převzat z již existujících zařízení a je potřeba ho upravit a aplikovat na zadané podmínky. Tento krok obnáší určení plnicího poměru vody a karbidu pro navrhované zařízení. Z ekonomické podmínky zadavatele vyplývá snaha využít již existující technologické prvky a polotovary při konstrukci nového zařízení. Při práci je třeba zohledňovat současné platné standardy a normy.

3.1 Noremní základ práce

Při návrhu požadovaného zařízení je potřeba vycházet z platných bezpečnostních norem a předpisů. Vyvíječi acetylénu se zabývá norma *ČSN 69 4911 Acetylenové stanice a sklady karbidu – Bezpečnostní předpisy*. Tato norma bude popsána a budou z ní vyjmuty informace relevantní pro návrh, konstrukci a provoz zadaného vyvíječe.

Obecně norma platí pro projektování a provoz acetylenových vyvíječů stabilních, přenosných. **První část** vyjmenovává základní názvosloví oblasti vyvíječů, které je využito při popisování navrhovaného zařízení:

Článek 1 – Definice vyvíječe acetylénu jako technického zařízení pro výrobu acetylénu z karbidu vápníku, vybavené nutným příslušenstvím a posuzované jako tlaková nádoba stabilní. Náplně karbidu nejméně 0,5 kg, výkon nejméně 50 l acetylénu za hodinu.

Článek 3 – Příslušenství vyvíječů – bezpečnostní předlohy, zařízení pro čištění a vysoušení acetylénu, pro regulaci tlaku, pojistná zařízení.

Článek 5 – Definice jmenovitého výkonu zařízení jako množství acetylénu v $m^3 \cdot h$, které může zařízení trvale dodávat.

Článek 7 – Definice náplně vyvíječe jako množství karbidu vápníku, které je možno najednou naplnit do zásobníku.

Článek 8 – Definice zplyňovacího prostoru jako prostoru v němž se acetylen shromažďuje

Druhá část stanovuje všeobecné náležitosti.

Článek 20 definuje chemický princip funkce a článek 21 určuje související normy pro karbid vápníku a acetylén. Zbytek části se zabývá technickou dokumentací dodávanou výrobcem.

Část třetí určuje technické požadavky, důležitý je článek 30, rozdělující vyvíječe:

A. Podle způsobu rozkladu karbidu:

I. Mokrý vyvíječe – při rozkladu karbidu působí přebytek vody a odpadá hydroxid vápenatý jako kal.

- a) Násypné
- b) Se zásuvkami
- c) Ponořovací

II. Suchý vyvíječe – přidává se jen tolik vody, aby při rozkladu karbidu vznikl hydroxid vápenatý v práškové formě

B. Podle výkonu:

I. Malý – jmenovitý výkon do $5\text{ m}^3 \cdot \text{h}$

II. Střední – jmenovitý výkon přes $5\text{ m}^3 \cdot \text{h}$ do $50\text{ m}^3 \cdot \text{h}$

III. Velký – jmenovitý výkon nad $50\text{ m}^3 \cdot \text{h}$

C. Podle pracovního tlaku:

I. Nízkotlaký – s pracovním tlakem do $0,005\text{ MPa}$

II. Středotlaký – s pracovním tlakem přes $0,005\text{ MPa}$ do $0,02\text{ MPa}$

III. Vysokotlaký – s pracovním tlakem přes $0,02\text{ MPa}$ do $0,15\text{ MPa}$

Podle uvedeného rozdělení se v případě navrhovaného zařízení jedná o vyvíječ mokrý, ponořovací, malý (jmenovitý výkon $0,3\text{ m}^3 \cdot \text{h}$), vysokotlaký (pracovní tlak do $0,15\text{ MPa}$)

Článek 34 – Konstrukce musí umožnit shromažďování acetylénu v zplyňovacím prostoru vyvíječe tak, aby nemohl přímo vniknout do potrubí za vodní předlohou.

Článek 35 – Nádoba na karbid může pojmout nevíce než 1,1 násobek náplně.

Článek 36 – Při otevřeném vyvíječi nesmí dojít ke styku karbidu s vodou a reakci musí být možné přerušit.

Následují zásady ochrany před explozí:

Článek 41 – Za provozu nesmí do vyvíječe vniknout vzduch.

Článek 42 – Musí být vybaven zařízením proti překročení dovoleného tlaku

Článek 43 – Vyvíječ musí být vybaven tlakoměrem určeným pro acetylén.

Článek 46 – Maximální teplota nesmí překročit 80°C.

Článek 48 – Dovolená výška vody musí být viditelně značena.

Článek 51 – Uzávěry musí být dimenzovány na nejvyšší přípustný přetlak plynu.

Článek 52 – Odkalovací zařízení musí umožnit úplné odstranění kalu a nerozložitelných zbytků

Bezpečnost a požadavky na vodní předlohu:

Článek 56 – Bezpečnostní předloha musí zneškodnit zpětný šleh plamene.

Článek 57 – Pro vysokotlaké vyvíječe jsou určeny uzavřené vodní předlohy.

Článek 58 – Acetylén musí vodní náplň předlohy probublávat v podobě bublinek, souvislý proud by mohl přenést explozi do zařízení.

Článek 59 – Vodní náplň předlohy nesmí přetéct do plynového potrubí.

Článek 60 – Uzavřené vodní předlohy s průtržnou pojistkou musí být navrženy na výpočtový přetlak 1 MPa .

Pojistné ventily a jiná pojistná zařízení:

Článek 63 - Pojistný ventil musí být seřízen na tlak $0,15\text{ MPa}$.

Čistící a sušící zařízení:

Článek 67 – Musí mít zabudováno zařízení na vypouštění kondenzátu.

Článek 68 – Zařízení nesmí klást odpor průchodu plynu.

Článek 69 – Čistící nebo sušící hmota nesmí být strhávána proudem plynu.

Umístění vyvíječů a uskladnění karbidu vápníku:

Článek 104 – Mobilní vyvíječe o výkonu maximálně $5\text{ m}^3 \cdot \text{h}$ se mohou umístit v prostorech dobře větraných dílen.

Článek 105 – Vyvíječ musí být od zdrojů ohně vzdálen nejméně 3m.

Část čtvrtá předepisuje dovolené materiály pro výrobu vyvíječů:

Článek 121 – Pro svařované konstrukce se musí užívat ocele se zaručenou svařitelností.

Článek 123 – Na výrobu částí zařízení, která přicházejí do styku s acetylénem se nesmí užívat měď a její slitiny s obsahem mědi na 70%

Část pátá popisuje podmínky zkoušení vyvíječů:

Článek 127 – Zkoušky se provádí dle ČSN 69 0010, a to pro zkušební přetlak *0,3 MPa*.

Část šestá určuje podmínky provozu a údržby:

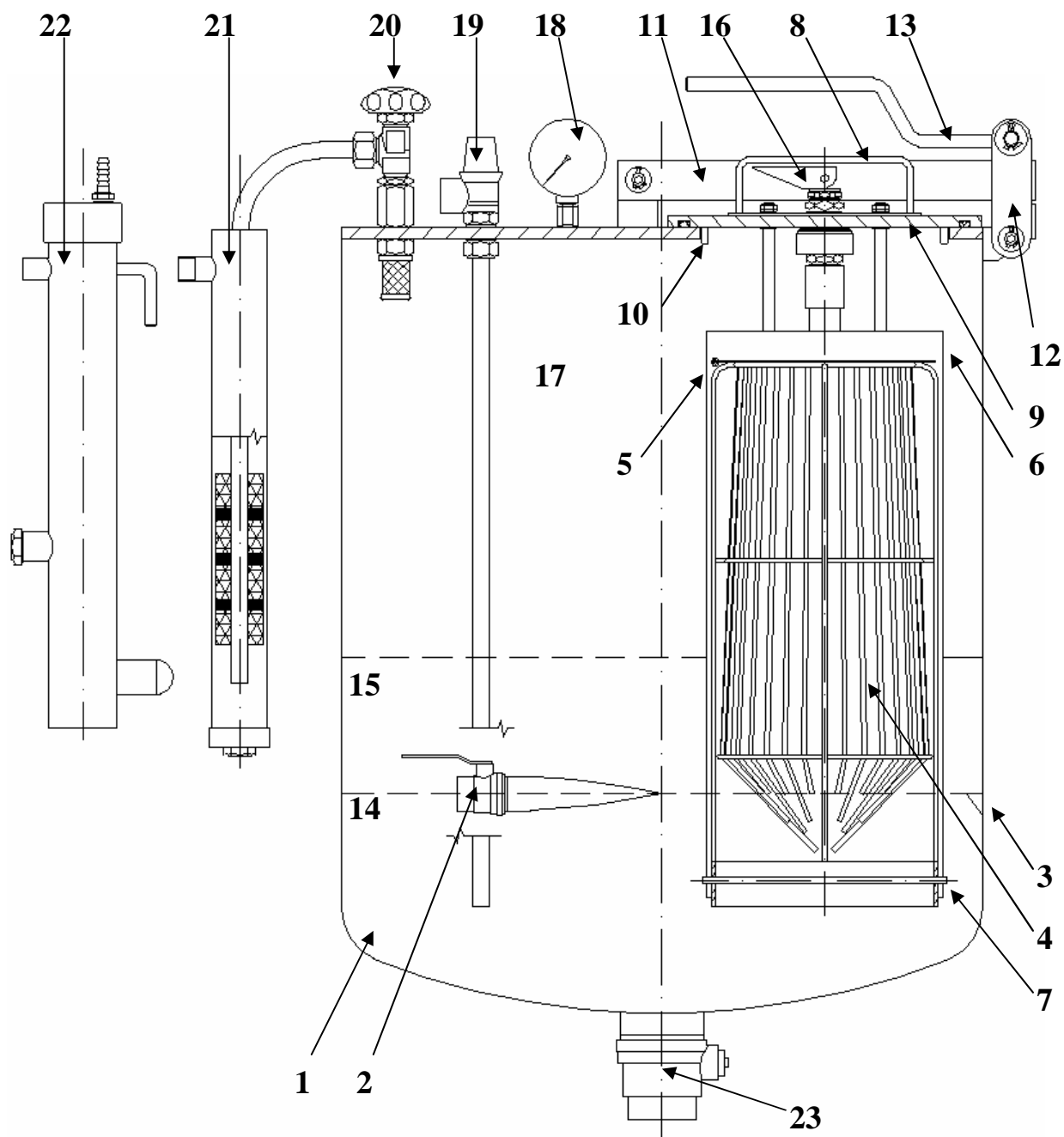
Článek 131 – Před uvedením do provozu musí být zařízení dokonale od vzdušného.

Vybrané články představují kostru pro konstrukci zadaného vyvíječe acetylénu a při jeho návrhu je na ně odkazováno.

3.2 Popis navrhovaného vyvíječe acetylénu

Popis zařízení bude proveden pomocí vysvětlení pracovního postupu, se současnou charakterizací jeho jednotlivých funkčních prvků. Základním prvkem vyvíječe acetylénu VA 10 (obr. 3.1) je válcová nádoba s eliptickým dnem (1), která je na začátku pracovního procesu otevřená a její vnitřní prostory jsou dobře přístupné otvorem v jejím víku. Otočením páky kulového kohoutu (2) se začne vnitřní prostor napouštět vodou, proces lze urychlit otevřením druhého, totožného kohoutu umístěného na opačné straně nádoby. Nátrubky kohoutů vstupují do stěny nádoby tangenciálně a slouží k vyplachování odpadních produktů. Potřebnou hladinu vody v nádobě určuje vodoznak (3). Karbid vápníku, o zrnitosti 25 – 50, je sypán do koše (4), tento musí být při plnění umístěn na rovné podložce. Před vysypáním karbidu do koše je vhodné dávku převážít. Přiklopením krycího víčka (5) je koš připraven. Na koš se nasune zcela nasune vyvíjecí komora (6), a jejím otočením dojde k zapadnutí čepů na koši (7) do bajonetového zámku. Nyní lze celek zvednout pomocí madel (8) a vsunout do otvoru vyvíječe. Dosednutí víka komory (9) usnadňují výstředníkové čepy (10). Nyní je možné provést uzavření vyvíječe pomocí výstředníkového zámku.

Zámek je tvořen dvěma rameny, otočně uchycenými pomocí čepů k tělesu vyvíječe. Delší rameno (11) je přiklopeno přes víko vyvíjecí komory a kratší rameno (12) je otočeno do svislé polohy tak, aby výstředníkový kotouč opatřený pákou (13) zapadl do svého protikusu. Otočením páky do polohy uvedené na obrázku dojde ke stlačení delšího ramene výstředníkem a takto vyvolaná síla je přenesena prostřednictvím dotyku na víko vyvíječe. Dotyk je umístěn tak, aby působil přesně do středu víka, opatřeného těsněním, a provedl jeho bezpečné uzavření.

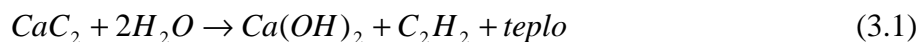


Obr. 3.1 Vyvíječe acetylénu VA 10, schématické znázornění, bez pojezdového zařízení

Vyvíjecí komora při svém vstupu do zařízení prochází vodní hladinou (14), a protože se jedná o uzavřenou nádobu, dochází zároveň k vytlačování kapaliny a stoupnutí její hladiny na úroveň (15). Otočením páčky řídicího ventilu (16), spojeného s prostorem vyvíjecí komory, dojde k úniku vzduchu z komory do zplyňovacího prostoru (17) vyvíječe a současně k vyrovnání hladin v obou odděleních na úroveň (14). V tomto okamžiku dojde k zaplavení části karbidu v koši a ke generování plynu. Plyn uniká otvorem v řídicím ventilu do zplyňovacího prostoru, kde dochází k postupnému zvyšování tlaku. Tlak je monitorován prostřednictvím tlakoměru určeného pro acetylén (18). Pokud je vše v pořádku, tlak stoupá až do okamžiku, kdy dojde jeho působením na membránu řídicího ventilu k uzavření vyvíjecí komory. Tlaková hranice je na ventilu nastavena na $0,15 \text{ MPa}$. Reakce stále probíhá, ale plynu je umožněno hromadit se pouze v prostorech vyvíjecí komory, dojde tedy k postupnému vytlačení vody z komory a k přerušení reakce. Pokud je ale vyvíječ naplněn větším množstvím vody a dojde k zaplavení příliš velkého množství karbidu najednou, následný tlakový ráz způsobí okamžité odpuštění části vody prostřednictvím potrubí pojistného ventilu (19). Tento je nastaven na hodnotu $0,155 \text{ MPa}$ a provádí odpuštění vody dokud nedojde k uklidnění reakce, taktéž zareaguje v případě poruchy. Acetylén opouští zařízení skrze uzavírací ventil (20), na vstupu vybavený sítím proti nečistotám, které by mohl plyn unášet a vchází do filtru (21). Zde dochází k odvodnění plynu a k jeho vyčištění. Nátrubek filtru je navržen tak, aby na něj bylo možno napojit standardní redukční ventil s tlakoměrem a tento je hadicí spojen s mokrou předlohou (22) zavěšenou na tělese vyvíječe. Spotřeba acetylénu způsobuje pokles tlaku ve vyvíječi a opětovné otevření řídicího ventilu. Karbid je znovu zaplaven vodou a produkuje acetylén, současně se z něj uvolňuje hydroxid vápenatý a klesá na dno nádoby. Proces se opakuje dokud nedojde k vyreagování veškeré náplně. Po dokončení práce je provedeno vyjmutí vyvíjecí komory a pod zařízení je umístěn zásobník určen pro odpadní vápno. Toto je vypuštěno z nádoby kulovým kohoutem (23). Následuje vypláchnutí nádoby vodou prostřednictvím kohoutů (2) a lze znovu zahájit provoz vyvíječe acetylénu.

3.3 Chemický princip a určení plnicího poměru

Funkce vyvíječe acetylénu je založena na chemické reakci popsané rovnicí (3.1). Karbid vápenatý CaC_2 , reaguje při kontaktu s vodou za vzniku acetylénu C_2H_2 a hydroxidu vápenatého. Součástí reakce je také vývin tepla. Číselné vyjádření množství účastníků se členů je převzato z empirických znalostí společnosti, dle [x] a je vyjádřeno rovnicí (3.1).



$$1\text{ kg} + 0,5\text{ l} \rightarrow 1,156\text{ kg} + 344\text{ l} + 1766,5\text{ kJ} \quad (3.2)$$

Z uvedené rovnice tedy lze určit, že pro dokonalé vyreagování 1 kg karbidu vápníku je potřeba půl litru vody. Z této závislosti je možno určit potřebné množství vody pro nádobu vyvíječe. Ze zkušeností společnosti vyplývá, že pro optimální průběh reakce je potřeba zaplavit kuželové dno koše do výšky $h_R = 60\text{ mm}$. Zařízení je proto vnitřně uspořádáno tak, aby po otevření řídicího ventilu došlo ke stoupnutí hladiny ve vyvíjecí komoře přesně na tuto úroveň. Značný podíl na zahřívání vnitřního prostoru vyvíječe má odpadní hydroxid vápenatý a proto je výhodné využít vodní náplň k jeho ochlazování.

$$\text{Celkový objem nádoby vyvíječe:} \quad V_V = 120\text{ l}$$

$$\text{Objem vody potřebný pro reakci:} \quad V_R = 5\text{ l}$$

$$\text{Objem vody určený pro chlazení:} \quad V_{CH} = 25\text{ l}$$

$$\text{Celkový objem vodní náplně:} \quad V_C = 30\text{ l}$$

Zbylý objem v nádobě slouží jako plynojem a po odečtení prostoru zabíraného karbidem a poté odpadním hydroxidem lze určit jeho velikost:

$$\text{Objem karbidu 10 kg karbidu, dle (4.4):} \quad V_{ZK} = 8,234\text{ dm}^3$$

Objem plynojemu:

$$V_P = V_V - V_C - V_{ZK} \quad [m^3] \quad (3.3)$$

$$V_P = 120 - 30 - 9,234$$

$$V_P = \underline{\underline{80,766\text{ dm}^3}} \quad (3.4)$$

Plynojem je tedy dle výsledku rovnice (3.3) schopen pojmout cca $0,08\text{ m}^3$ plynu.

Z bilance chemické rovnice (3.2) vyplývá, že 1 kg karbidu vápníku vyprodukuje acetylén o objemu $V_A = 344l$. Dle normy ČSN 69 4911, článků 1 a 5, je potřeba stanovit jmenovitý výkon zařízení. Obecně se za výkon vyvíječe považuje právě zmíněná hodnota V_A . Jmenovitá výkon vyvíječe acetylénu je tedy $P_A = 0,344m^3 \cdot hod^{-1}$ a uvádí se spolu s dalšími údaji na štítku umístěném na viditelně na zařízení.

4. Návrhové a kontrolní výpočty

Účelem provádění návrhových výpočtů je správné dimenzování rozměrů zařízení tak, aby byla zaručena schopnost pojmout požadovaných 10 kg karbidu vápníku, bezpečně ho zpracovat a vyrobený acetylén odvádět pryč ze zařízení pro další využití, přičemž je nutné zajistit maximální využití karbidu vápníku při reakci s vodou. Dále je nutné kontrolními výpočty ověřit tlakovou stabilitu nádoby.

4.1 Návrh koše pro karbid vápníku

Základním návrhovým parametrem je náplň vyvíječe, definována dle [5] jako množství karbidu vápníku, které je možno najednou naplnit do vyvíječe nebo do jeho zásobníku. Náplň se umísťuje do koše, vyrobeného svařením drátů stejného průměru.

4.1.1 Návrh tvaru a rozměrů koše

Za účelem získání potřebného objemu koše bylo provedeno měření pomocí zkušebního válce známých vnitřních rozměrů a hmotnosti. Tento válec byl umístěn na váhu a postupně byl naplňován karbidem vápníku až do okamžiku, kdy byla dosažena celková zkušební hmotnost, dle (4.1). Následovalo odměření dosažené výškové hladiny karbidu vápníku v nádobě (4.2) a výpočet objemu odpovídajícímu 10 kg. Tento proces byl několikrát opakován a byla určena referenční hodnota, která je považována za vhodnou pro výpočet.

Požadovaná hmotnost náplně:	$m_N = 10\text{ kg}$	
Parametry zkušebního válce:	$d_{ZV} = 240\text{ mm}$	- vnitřní průměr
	$h_{ZV} = 300\text{ mm}$	- výška od dna
	$m_{ZV} = 1,14\text{ kg}$	
Celková zkušební hmotnost:	$m_{ZC} = m_N + m_{ZV}$	$[kg] \quad (4.1)$
	$m_{ZC} = 10 + 1,14$	
	$m_{ZC} = \underline{\underline{11,14\text{ kg}}}$	
Výšková hladina 10 kg náplně:	$h_{ZK} = 182\text{ mm}$	(4.2)

$$\text{Objem odpovídající 10 kg náplně: } V_{ZK} = \frac{\pi \cdot d_{ZV}^3}{4} \cdot h_{ZK} \quad [m^3] \quad (4.3)$$

$$V_{ZK} = \frac{\pi \cdot 0,240^3}{4} \cdot 0,182$$

$$V_{ZK} = \underline{\underline{8,234 \cdot 10^{-3} m^3}} \quad (4.4)$$

Je nutné postupovat tímto způsobem, protože pro výpočet objemu odpovídajícího 10 kg karbidu vápníku nelze využít jeho hodnot uvedených v chemických tabulkách. Tento fakt je dán zrnitostí karbidu, jenž je dle [5] definována jako hmotnostní podíl částic určité velikosti v tuhém karbidu vápníku. Mezi jednotlivými zrny karbidu, která na sebe nedoléhají, vznikají prázdné prostory vyplněné okolním plynem. Výpočtem určená hustota zkušební vzorku a hustota daná tabulkami je proto velmi odlišná.

Výpočtová měrná hmotnost karbidu vápníku se zrnitostí 25 – 50:

$$\rho_{ZK} = \frac{m_N}{V_{ZK}} \quad [kg \cdot m^{-3}] \quad (4.5)$$

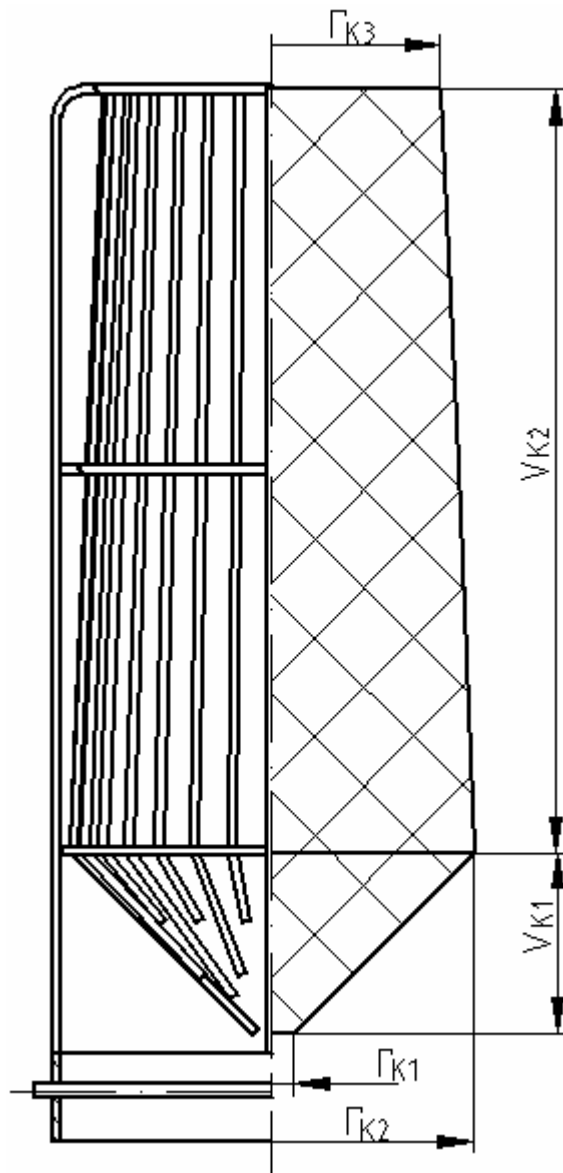
$$\rho_{ZK} = \frac{10}{8,234 \cdot 10^{-3}}$$

$$\rho_{ZK} = \underline{\underline{1214,477 kg \cdot m^{-3}}}$$

$$\text{Hustota karbidu vápníku dle [11]: } \rho_{TAB} = 2200 kg \cdot m^{-3} \quad (4.6)$$

Dle [5], článek 35, může koš pojmout maximálně 1,1 násobek náplně na níž je vyvíječ konstruován. Tato deseti procentní tolerance je v tomto případě využita pro korekci hmotnostní chyby vznikající rozdílem při každém plnění. Chybu lze tedy považovat za zanedbatelnou, v případě dodržení požadované zrnitosti karbidu 25 až 50. Koš je tedy navržen tak, že jeho velikost udává přímo potřebné množství náplně, ale pro dosažení optimální hodnoty je doporučeno každou dávku převažovat.

Koš je vyroben svařením drátů stejného průměru. Tvar koše je rozdělen na dvě kuželové části. Spodní kuželová část, respektive dno, je určena pro reakci karbidu vápníku a vody. Horní část koše představuje zásobník, ze kterého karbid klesá do reakční oblasti. Rozměry obou částí jsou navrženy tak, aby byly schopny pojmout objem náplně určený dle rovnice (4.4). Rozměry dna, jenž obsáhne přibližně 10% celkové náplně, vycházejí z výsledku experimentu (viz. kapitola 4.1.3). Horní kuželová část koše je tedy dimenzována tak, aby pojala zbylých 90 % náplně. Poloměry jsou vhodně voleny (obr. 4.1) a potřebná výška je určena ze vztahu (4.10).



Obr. 4.1 Výpočtové schéma koše

Výpočet objemu dna koše dle obr. 4.1:

$$V_{K1} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot v_{K1} \cdot (r_{K1}^2 + r_{K1} \cdot r_{K2} + r_{K2}^2) \quad [m^3] \quad (4.7)$$

$$V_{K1} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 0,0825 \cdot (0,0075^2 + 0,0075 \cdot 0,09 + 0,09^2)$$

$$V_{K1} = \underline{\underline{7,629 \cdot 10^{-4} m^3}}$$

Výpočet objemu zásobníku:

$$V_{K2} = V_{ZK} - V_{K1} \quad [m^3] \quad (4.8)$$

$$V_{K2} = 8,234 \cdot 10^{-3} - 7,629 \cdot 10^{-4}$$

$$V_{K2} = \underline{\underline{7,471 \cdot 10^{-3} m^3}}$$

Výpočet výšky zásobníku:

$$V_{K2} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot v_{K2} \cdot (r_{K2}^2 + r_{K2} \cdot r_{K3} + r_{K3}^2) \quad [m^3] \quad (4.9)$$

$$\Rightarrow v_{K2} = \frac{3 \cdot V_{K2}}{\pi \cdot (r_{K2}^2 + r_{K2} \cdot r_{K3} + r_{K3}^2)} \quad [m] \quad (4.10)$$

$$v_{K2} = \frac{3 \cdot 7,471 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (0,09^2 + 0,09 \cdot 0,075 + 0,075^2)}$$

$$v_{K2} = \underline{\underline{0,348 m}}$$

Konstrukce koše je umístěna na čtyřech svislých nosnících, tyto jsou přivařeny ke skruži. Skruží prochází podélně hřídel umožňující zaháknutí konstrukce koše za aretační výřezy ve spodní části vyvíjecí komory. Takto umístěný hřídel lze považovat za nosný čep a jako takový ho navrhnout a zkontrolovat. Vzhledem k tomu, že svar spojující čep a vnitřní průměr skruže slouží jen pro zajištění polohy, není v následujících výpočtech uvažován jeho vliv.

4.1.2 Návrh a kontrola nosného čepu:

Čep realizuje přenos zatížení z koše naplněného karbidem na těleso reakční komory a při jeho návrhu je vycházeno z namáhání ohybem. Vzhledem k vůli mezi skruží koše a tělesem reakční komory, je proveden návrhový výpočet pro extrémní případ, dle (obr. 4.2), kdy dochází na straně vůle k maximálnímu ohybu. Vzhledem k tomu, že na stykových plochách může docházet k otlacení, je zkontrolován i tento případ.

Zatížení působící na čep je dáno váhou karbidu a váhou samotného koše. Aby byla splněna podmínka dle [5], článek 35 je hmotnost karbidu zvýšena o 10%.

Výpočet zatížení:

$$Q = (m_N \cdot 1,1 + m_K) \cdot g \quad [N] \quad (4.11)$$

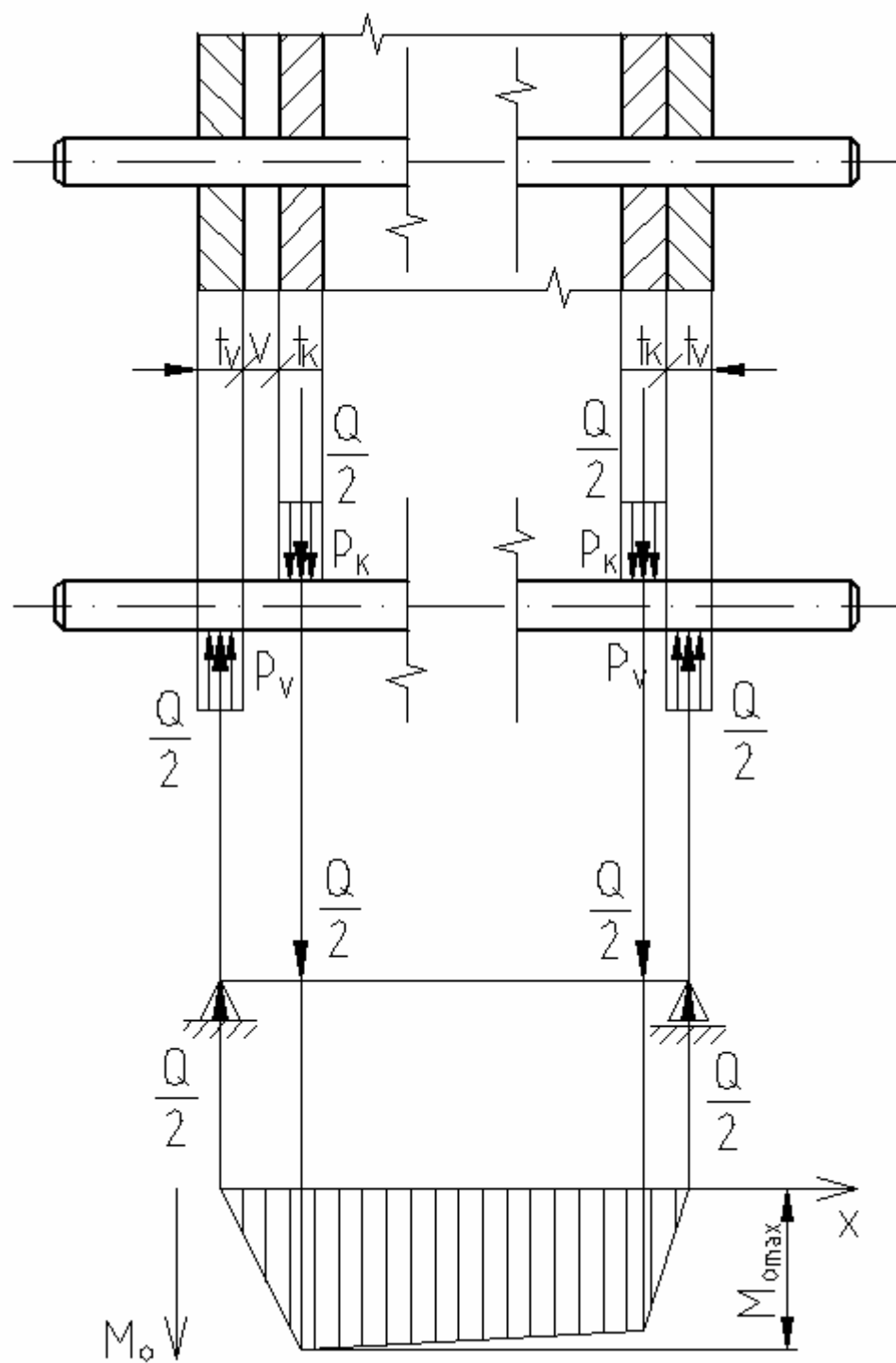
$$Q = (10 \cdot 1,1 + 2,42) \cdot 9,81$$

$$Q = \underline{\underline{131,65 N}}$$

Dle [1], tab. 2.1 je volen materiál čepu ocel 11423: $\sigma_{DOVO} = 80 MPa$

$$p_{DOV} = 70 MPa$$

Dle [4], str. 52 určen dovolený tlak pro ocel 11353: $p_{DOV} = 90 MPa$



Obr. 4.2 Schéma zatěžování nosného čepu

Úprava rovnice pro ohyb, vyjádření průměru čepu $d_{\check{c}}$:

$$\sigma_o = \frac{M_{OMAX}}{W_o} \leq \sigma_{DOVo} \quad [MPa] \quad (4.12)$$

$$\sigma_o = \frac{16 \cdot Q \cdot \left(\frac{t_R}{2} + \frac{t_K}{2} + v\right)}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} \leq \sigma_{DOVo}$$

$$\Rightarrow d_{\check{c}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot Q \cdot \left(\frac{t_R}{2} + \frac{t_K}{2} + v\right)}{\pi \cdot \sigma_{DOVo}}} \quad [mm] \quad (4.13)$$

$$d_{\check{c}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 131,65 \cdot \left(\frac{2}{2} + \frac{4}{2} + 4\right)}{\pi \cdot 80}}$$

$$d_{\check{c}} = \underline{\underline{3,886 mm}}$$

Vypočtený minimální průměr čepu je pro zvýšení bezpečnosti upraven na hodnotu $d_{\check{c}} = 6 mm$.

Kontrola tlaku na stykových plochách, dle (obr. 4.2):

$$p_K = \frac{Q}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot t_K} \quad [MPa] \quad (4.14)$$

$$p_K = \frac{131,65}{2 \cdot 6 \cdot 4}$$

$$p_K = \underline{\underline{2,743 MPa}}$$

$$p_R = \frac{Q}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot t_R} \quad [MPa] \quad (4.15)$$

$$p_R = \frac{131,65}{2 \cdot 6 \cdot 2}$$

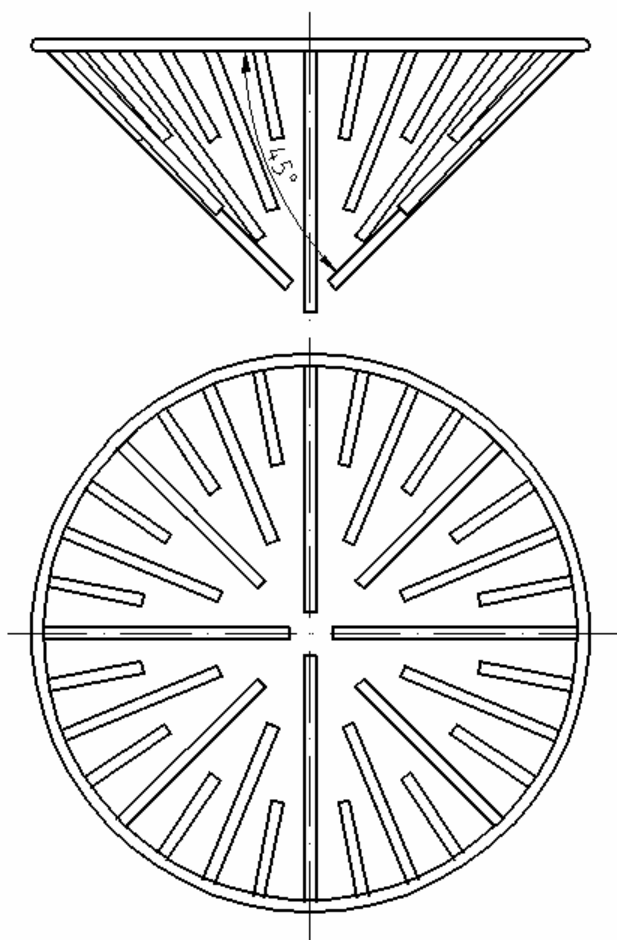
$$p_R = \underline{\underline{5,485 MPa}}$$

Z výsledků rovnic (4.14) a (4.15) vyplývá, že tlakové namáhání na stykových plochách je minimální a proto ho lze zanedbat. Zvětšení minimálního vypočteného průměru čepu na hodnotu $6 mm$ je provedeno z důvodu zlepšení ovladatelnosti při aretování koše do zámků na tělese vyvíjecí komory. Rovněž je tímto omezeno riziko ohnutí čepu při nárazu spodní hranou vyvíjecí komory, ke kterému může dojít při nešetrném zacházení v okamžiku nasunování komory na koš.

4.1.3 Provozní úpravy konstrukce

Funkce zařízení je založena na chemické reakci a z toho důvodu je potřeba upravit konstrukci koše tak, aby probíhala plynule a pouze v případě, kdy jo to potřeba.

Tento fakt se týká především dna koše. Toto musí být tvarováno tak, aby zrnitý karbid nemohl propadávat, aby bylo umožněno podmáčení karbidu vodou a zároveň odvádění odpadního hydroxidu vápenatého vzniklého reakcí. Pro získání optimálního tvaru bylo potřeba provést zkoušení různých tvarových variací, kdy byly měněny délky drátů, jejich hustota a sklon. V případě malé hustoty drátů docházelo k propadávání karbidu nízké zrnitosti do vodní náplně, což je z hlediska regulace reakce nepřijatelné. V opačném případě, kdy byly dráty nahuštěny více a sklon kužele dosahoval hodnoty nižší než 45° (dle obr. 4.3), docházelo k ucpání dna hydroxidem vápenatým a následně k přerušení reakce bez přísunu vody. Finální tvar dna koše je tedy výsledkem experimentů a je použit jako základ pro návrh rozměrů dalších částí koše.



Obr. 4.3 Schéma tvaru dna koše



Obr. 4.4 Náhled na koš s víčkem

Součástí reakce probíhající ve vyvíjecí komoře je taktéž vznik tepla (viz. kapitola 3.3) a v uzavřeném prostoru dochází k odpařování určitého množství vody. Pokud je teplota vnějšího prostředí nižší než teplota plynu v zplyňovacím prostoru vyvíječe, může začít docházet ke kondenzaci vodní páry na vnitřních stěnách vyvíjecí komory. Kondenzace na válcové ploše komory nemá na funkci zařízení vliv, ale v případě kondenzace na víku komory je situace jiná. I po přerušení reakce kondenzát skapává na karbid uložený v koši za současného vývinu acetylénu a stoupání tlaku. Této situaci je potřeba předcházet a proto byla konstrukce koše opatřena krycím víkem. Krycí víko (obr. 4.4) je vyrobeno z plechu a ke konstrukci koše je upevněno pomocí děleného kroužku. Vzhledem k tomu, že se krycí víko nachází v prostoru vyvíjecí komory, kde není vystaveno rozdílu teplot, nevzniká na něm kondenzát. Zabraňuje tedy vodě v kontaktu s karbidem a zároveň jí odvádí pryč. Nemůže tedy docházet k nekontrolovatelné reakci.

4.2 Konstrukce vyvíjecí komory

Vyvíjecí komora je svařovaná válcová nádoba v horní části uzavřená víkem a s otevřeným dnem. Slouží k řízení a regulaci výroby acetylénu prostřednictvím řídicího ventilu (viz kapitola 3.2), umístěného na jejím víku. Nachází se v ní koš obsahující karbid vápníku a je mu rozměrově přizpůsobena, zároveň je u tělesa komory splněn požadavek zadavatele pro využití daného polotovaru. Dále je komora uchycena k víku vyvíječe acetylénu prostřednictvím šroubového spoje a tvoří s ním celek, který lze z prostoru vyvíječe vyjmout. Šroubového spoje je dále využito i k uchycení dvou madel, sloužících k usnadnění manipulace s celkem komory. Pomocí objemové analýzy programu VariCAD byla určena hmotnost vyvíjecí komory $m_{VK} = 6,55 \text{ kg}$. Celkovou hmotnost vyvíjecí komory i s košem naplněným karbidem vyjadřuje rovnice (4.16):

$$m_{MAX} = m_{VK} + m_N \cdot 1,1 + m_K \quad [kg] \quad (4.16)$$

$$m_{MAX} = 6,55 + 10 \cdot 1,1 + 2,42$$

$$m_{MAX} = \underline{\underline{19,97 \text{ kg}}} \quad (4.17)$$

Výsledek (4.17) je důležitý z hlediska hygieny práce, protože tuto váhu musí být pracovník schopen přenést. Vyhláška č. 361/2007 Sb. která stanoví podmínky ochrany zdraví při práci říká, že občasné zvedání a přenášení břemen u mužů do 50 kg a u žen do 20 kg váhy břemene. Proto je usuzováno, že zařízení vyhovuje.

4.3 Výpočet tlakového celku nádoby vyvíječe

Nádoba vyvíječe je tvořena svařením válcového pláště, eliptického dna a víka. Vzhledem k tomu, že při práci zatěžována tlakem, je nutné provést kontrolní výpočty pro tloušťky stěn jednotlivých komponentů. Tvar a rozměry nádoby jsou určeny zadavatelem, společně s materiály a je potřeba je ověřit. Veškeré užití výpočtové vztahy vycházejí z norem.

Konstrukční parametry:

Výpočtový přetlak: $p_v = 0,17 \text{ MPa}$

Výpočtová teplota: $T_v = 20^\circ \text{C}$

Zkušební přetlak: $p_{zk} = 0,3 \text{ MPa}$, dle [5], článek 127

Celkový přírůstek: $c = c_1 + c_2 + c_3 = 0,5 + 0 + 0,5 = 1$

c_1 - přírůstek na kompenzaci koroze a eroze

c_2 - přírůstek na kompenzaci záporných úchylek

c_3 - technologický přírůstek,

dle ČSN 69 0010 – 4.2 – článek 9

- dáno zadavatelem

Pracovní médium: voda + acetylén

Zkušební médium: voda – hydraulická tlaková zkouška

Vzduch – pneumatická tlaková zkouška

Celkový objem nádoby $V_N = 120 \text{ l}$

Vnější průměr nádoby $D_N = 478 \text{ mm}$

Materiálové charakteristiky:

Materiál pláště a dna nádoby: SPHL 275 ČSN EN 10207

Minimální mez kluzu: $R_e = 275 \text{ MPa}$

Mez pevnosti v tahu: $R_m = 390 – 510 \text{ MPa}$

Materiál víka nádoby: 11375.1 ČSN 41 1375

Minimální mez kluzu: $R_e = 235 \text{ MPa}$

Mez pevnosti v tahu: $R_m = 340 – 470 \text{ MPa}$

4.3.1 Výpočet dovoleného namáhání dle ČSN 69 0010 – 4.2

Prvním krokem kontroly je určení dovolených napětí podle normy pro dané materiály, prostřednictvím součinitelů bezpečnosti:

Součinitel bezpečnosti v mezi kluzu:

dle článku 7.4, tabulka 1 – provoz $n_T = 1,5$

Součinitel bezpečnosti v mezi kluzu:

dle článku 7.4, tabulka 1 – tlaková zkouška $n_T = 1,1$

Součinitel bezpečnosti k mezi pevnosti:

dle článku 7.4, tabulka 1 – provoz $n_B = 2,4$

Opravný součinitel k dovolenému namáhání:

dle článku 7.3 – pro ocel $\tau = 1$

Výpočet dovoleného namáhání pro plášť a dno nádoby, pro provoz,
dle článku 7.1, rovnice (1):

$$\sigma_{DP} = \tau \cdot \min \left\{ \left(\frac{R_e}{n_T} \right), \left(\frac{R_m}{n_B} \right) \right\} \quad [MPa] \quad (4.19)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{DP} &= 1 \cdot \min \left\{ \left(\frac{275}{1,5} \right), \left(\frac{390}{2,4} \right) \right\} \\ \sigma_{DP} &= 1 \cdot \min \{ (183,3), (162,5) \} \\ \sigma_{DP} &= \underline{\underline{162,5 MPa}} \end{aligned} \quad (4.20)$$

Výpočet dovoleného namáhání pro plášť a dno nádoby, pro tlakovou zkoušku,
dle článku 7.1, rovnice (2):

$$\sigma_{DPZ} = \tau \cdot \frac{R_e}{n_T} \quad [MPa] \quad (4.21)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{DPZ} &= 1 \cdot \frac{275}{1,1} \\ \sigma_{DPZ} &= \underline{\underline{250 MPa}} \end{aligned} \quad (4.22)$$

Výpočet dovoleného namáhání pro víko nádoby, pro provoz,
dle článku 7.1, rovnice (1):

$$\sigma_{DV} = \tau \cdot \min \left\{ \left(\frac{R_e}{n_T} \right), \left(\frac{R_m}{n_B} \right) \right\} \quad [MPa] \quad (4.23)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{DV} &= 1 \cdot \min \left\{ \left(\frac{235}{1,5} \right), \left(\frac{340}{2,4} \right) \right\} \\ \sigma_{DV} &= 1 \cdot \min \{ (156,6), (141,6) \} \\ \sigma_{DV} &= \underline{\underline{141,6 MPa}} \end{aligned} \quad (4.24)$$

Výpočet dovoleného namáhání pro víko nádoby, pro tlakovou zkoušku,
dle článku 7.1, rovnice (2):

$$\sigma_{DVZ} = \tau \cdot \frac{R_e}{n_T} \quad [MPa] \quad (4.25)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{vPZ} &= 1 \cdot \frac{235}{1,1} \\ \sigma_{DPZ} &= \underline{\underline{213,6 MPa}} \end{aligned} \quad (4.26)$$

Určená dovolená namáhání dále vstupují do kontrolních výpočtu tlakového celku nádoby a představují hodnotící kritérium bezpečnosti.

4.3.2 Výpočet válcové skořepiny pro vnitřní přetlak dle ČSN 69 0010 -4.5

Rozsah platnosti výpočtových vzorců stanoví článek 2.1:

Rovnice (4.27) platí pro skořepiny a trubky s $D \geq 200 mm$

$$\frac{s-c}{D_N} \leq 0,1 \quad [-] \quad (4.27)$$

$$\begin{aligned} \frac{3-1}{478} &\leq 0,1 \\ \underline{\underline{0,0042}} &\leq 0,1 - \text{podmínka je splněna} \end{aligned} \quad (4.28)$$

Výpočet minimální tloušťky stěny skořepiny, dle článku 3.1.1, rovnice (1):

$$s_R = \frac{p_V \cdot D_N}{2 \cdot \sigma_{DP} \cdot \varphi_p - p_V} \quad [mm] \quad (4.29)$$

$$s_R = \frac{0,17 \cdot 478}{2 \cdot 162,5 \cdot 1 - 0,17}$$

$$s_R = \underline{\underline{0,25 \text{ mm}}} \quad (4.30)$$

- kde: φ_p - součinitel hodnoty podélného svaru,

dle ČSN 69 0010 – 6.3, dle tabulky 1, dle druhu svaru,

určen zadavatelem $\varphi_p = 1$

Úprava výpočtové tloušťky o přídavek, dle článku 3.1.1, rovnice (2):

$$s \geq s_R + c \quad [mm] \quad (4.31)$$

$$s \geq 0,25 + 1$$

$$s \geq \underline{\underline{1,25 \text{ mm}}} \quad (4.32)$$

Reálná tloušťka stěny vyvíječe je provedena s hodnotou $s = 3 \text{ mm}$, dle rovnice (4.32) tato hodnota vyhovuje.

Výpočet dovoleného vnitřního přetlaku, dle článku 3.1.2, rovnice (3)

$$p_{DP} = \frac{2 \cdot \sigma_{DP} \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D_N + (s - c)} \quad [MPa] \quad (4.33)$$

$$p_{DP} = \frac{2 \cdot 162,5 \cdot 1 \cdot (1,25 - 1)}{478 + (1,25 - 1)}$$

$$p_{DP} = \underline{\underline{0,169 \text{ MPa}}} \quad (4.34)$$

Maximální pracovní přetlak s jakým je umožněno ve vyvíječi pracovat je omezen na $0,15 \text{ MPa}$. Vzhledem k těmto výsledkům lze považovat tloušťku stěny skořepiny za vyhovující dané funkci.

4.3.3 Výpočet eliptického dna nádoby dle ČSN 69 0010 – 4.7

Rozsah platnosti výpočtových vzorců stanoví článek 2.1:

$$0,002 \leq \frac{s_1 - c}{D_N} \leq 0,1 \quad [mm] \quad (4.35)$$

$$0,002 \leq \frac{3-1}{478} \leq 0,1$$

$$\underline{\underline{0,002 \leq 0,0042 \leq 0,1}} \text{ - podmínka je splněna} \quad (4.36)$$

$$0,2 \leq \frac{H}{D_N} \leq 0,5 \quad [mm] \quad (4.37)$$

$$0,2 \leq \frac{108}{478} \leq 0,5$$

$$\underline{\underline{0,2 \leq 0,226 \leq 0,5}} \quad \text{podmínka je splněna} \quad (4.38)$$

- kde: H – Výška klenutí dna bez válcové části, $H = 108 \text{ mm}$

Výpočet minimální tloušťky stěny eliptického dna, dle článku 3.1.1, rovnice (1):

$$s_{R1} = \frac{p_V \cdot R_N}{2 \cdot \sigma_{DP} \cdot \varphi_p - 0,5 \cdot p_V} \quad [mm] \quad (4.39)$$

$$s_{R1} = \frac{0,17 \cdot 528,9}{2 \cdot 162,5 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,17}$$

$$\underline{\underline{s_{R1} = 0,276 \text{ mm}}} \quad (4.40)$$

- kde: R_N – Vnitřní poloměr klenutí ve vrcholu dna, $R_N = 497 \text{ mm}$

Úprava výpočtové tloušťky dna o přídavek, dle článku 3.1.1, rovnice (2):

$$s_1 \geq s_{R1} + c \quad [mm] \quad (4.41)$$

$$s_1 \geq 0,276 + 1$$

$$\underline{\underline{s_1 \geq 1,276 \text{ mm}}} \quad (4.42)$$

Reálná tloušťka stěny eliptického dna vyvíječe je provedena s hodnotou $s_1 = 3 \text{ mm}$, dle rovnice (4.42) tato hodnota vyhovuje.

Vnitřní poloměr klenutí ve vrcholu dna, dle článku 3.1.3, rovnice (4):

$$R_N = \frac{D_N^2}{4 \cdot H} \quad [mm] \quad (4.43)$$

$$R_N = \frac{478^2}{4 \cdot 108}$$

$$R_N = \underline{\underline{528,9 mm}} \quad (4.44)$$

Výpočet dovoleného vnitřního přetlaku, dle článku 3.1.2, rovnice (3)

$$p_{DP1} = \frac{2 \cdot \sigma_{DP} \cdot \varphi_P \cdot (s_1 - c)}{R_N + 0,5 \cdot (s_1 - c)} \quad [MPa] \quad (4.45)$$

$$p_{DP1} = \frac{2 \cdot 162,5 \cdot 1 \cdot (1,276 - 1)}{528,9 + 0,5 \cdot (1,276 - 1)}$$

$$p_{DP1} = \underline{\underline{0,17 MPa}} \quad (4.46)$$

Výsledek (4.46) vyhovuje, maximální pracovní přetlak je nastaven na $0,15 MPa$.

4.3.4 Výpočet nevyztuženého víka nádoby dle ČSN 69 0010 – 4.9

Rozsah platnosti výpočtových vzorců, článek 2.1:

Provedená tloušťka víka: $s_V = 12 mm$

Celkový přírůstek pro víko: $c_V = 0,3 mm$ - určeno zadavatelem

Výpočtový průměr víka D_R dle tabulky: typ 3:

$$\frac{s - c_V}{s_V - c_V} \leq 0,25 \quad [mm] \quad (4.47)$$

$$\frac{3 - 0,3}{12 - 0,3} \leq 0,25$$

$$\underline{\underline{0,23 \leq 0,25}} \text{ - podmínka je splněna} \quad (4.48)$$

Z výsledku rovnice (4.48) vyplývá vztah dle tabulky $D_R = D_{NV} = 472 \text{ mm}$.

$$\frac{s_V - c_V}{D_R} \leq 0,11 \quad [\text{mm}] \quad (4.49)$$

$$\frac{12 - 0,3}{472} \leq 0,11$$

$$\underline{\underline{0,025 \leq 0,11}} - \text{podmínka je splněna} \quad (4.50)$$

Výpočet minimální tloušťky stěny víka, dle článku 3.1, rovnice (2)

$$s_{V1} = K \cdot K_O \cdot D_R \cdot \sqrt{\frac{p_V}{\sigma_{DV} \cdot \varphi}} \quad [\text{mm}] \quad (4.51)$$

$$s_{V1} = 0,45 \cdot 1,46 \cdot 472 \cdot \sqrt{\frac{0,17}{141,6 \cdot 1}}$$

$$\underline{\underline{s_{V1} = 10,75 \text{ mm}}} \quad (4.52)$$

Kde: K - součinitel dle článku 3.2, dle tabulky, typ 3: $K = 0,45$

K_O - součinitel zeslabení víka jedním otvorem dle článku 3.3, rovnice (4):

$$K_O = \sqrt{\frac{1 - \left[\left(\frac{d_{V1}}{D_R} \right)^3 + \left(\frac{d_{V2}}{D_R} \right)^3 + \left(\frac{d_{V3}}{D_R} \right)^3 + \left(\frac{d_{V4}}{D_R} \right)^3 \right]}{1 - \left[\left(\frac{d_{V1}}{D_R} \right) + \left(\frac{d_{V2}}{D_R} \right) + \left(\frac{d_{V3}}{D_R} \right) + \left(\frac{d_{V4}}{D_R} \right) \right]}} \quad [-] \quad (4.53)$$

$$K_O = \sqrt{\frac{1 - \left[\left(\frac{220}{472} \right)^3 + \left(\frac{21,5}{472} \right)^3 + \left(\frac{21,5}{472} \right)^3 + \left(\frac{10,16}{472} \right)^3 \right]}{1 - \left[\left(\frac{220}{472} \right) + \left(\frac{21,5}{472} \right) + \left(\frac{21,5}{472} \right) + \left(\frac{10,16}{472} \right) \right]}}$$

$$\underline{\underline{K_O = 1,46}} \quad (4.53)$$

Kde: $d_{V1} = 220 \text{ mm}$ - průměr otvoru uzavíracího víka

$d_{V2} = 21,5 \text{ mm}$ - průměr otvoru pojistného ventilu

$d_{V3} = 21,5 \text{ mm}$ - průměr otvoru ventilu nádoby

$d_{V4} = 10,16 \text{ mm}$ - průměr otvoru šroubu manometru

Úprava výpočtové tloušťky o přídavek, dle článku 3.1., rovnice (3):

$$s_V \geq s_{V1} + c \quad [mm] \quad (4.54)$$

$$s_V \geq 10,75 + 0,3$$

$$s_V \geq \underline{\underline{11,04\,mm}} \quad (4.55)$$

Reálná tloušťka stěny víka vyvíječe je provedena s hodnotou $s_V = 12\,mm$, dle rovnice (4.55) tato hodnota vyhovuje.

Výpočet dovoleného vnitřního přetlaku na ploché kruhové nevzdušné víko, dle článku 3.7, rovnice (6):

$$p_{DV} = \left(\frac{s_V - c_V}{K \cdot K_O \cdot D_R} \right)^2 \cdot \sigma_{DV} \cdot \varphi \quad [MPa] \quad (4.56)$$

$$p_{DV} = \left(\frac{12 - 0,3}{0,45 \cdot 1,46 \cdot 472} \right)^2 \cdot 141,6 \cdot 1$$

$$p_{DV} = \underline{\underline{0,2\,MPa}} \quad (5.57)$$

I v tomto případě je podmínka nižšího pracovní přetlaku ve vyvíječi, než kolik uvádí výsledek (5.57) splněna. Uvedené výpočty a výsledky potvrzují předpoklad vhodnosti vybrané nádoby pracovat jako vyvíječ acetylénu.

Tímto je zakončena kapitola věnovaná návrhovým a kontrolním výpočtům. Zbylé části vyvíječe jsou převzaty s předchozích konstrukčních provedení a vzhledem k totožným pracovním podmínkám již není potřeba provádět další pevnostní kontroly.

5. Závěr

Prvním cílem mé práce bylo provést přehled historických zařízení užívaných pro výrobu acetylénu a z uvedené části dokumentu vyplývá zcela odlišný směr užívání těchto zařízení. Tato zařízení byla rozdělena podle principu na němž probíhala výroba acetylénu a poté byly určeny jejich silné a slabé stránky. Zabýval jsem se také vyvíječi acetylénu užívanými v historii na našem území.

Druhým cílem bylo zhodnotit ekonomickou účinnost acetylenových zařízení a za tím účelem byl proveden rozbor trhu a následné porovnání rentability vyvíječů a klasických lahví. Výsledkem je, že cena výroby prostřednictvím vyvíječů je k ceně acetylenových lahví v poměru 1:6,5.

Následně byl proveden rozbor normy platné pro navrhování zařízení a byly z ní vyjmuty články přímo ovlivňující jeho návrh a konstrukci. Navrhovaný vyvíječ acetylénu byl schématicky znázorněn a detailně popsán, společně i s chemickým principem a určením plnicího poměru.

Návrhové a kontrolní výpočty byly zahájeny výpočtem potřebného objemu koše na karbid vápničku a pokračovaly určením jeho potřebných rozměrů. Byla provedena kontrola nosného čepu a byly navrženy prvky důležité pro plynulost reakce. Následně bylo nutné ověřit zda zařízení neporušuje hygienickou vyhlášku ve smyslu omezení práce s břemeny. Navržený celek vyhověl a je možné ho používat. Výpočtová část byla zakončena kontrolou tlakového celku nádoby vyvíječe, která obstála a lze ji využívat.

6. Seznam použité literatury

- [1] Dejl, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce.*, Montanex a.s., Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3.
- [2] Černoch, S.: *Strojně technická příručka, svazek 1. – třinácté, doplněné vydání*, SNTL, Praha, 1977, T.Č. L13-E1-IV-51/22355.
- [3] Černoch, S.: *Strojně technická příručka, svazek 2. – dvanácté, přepracované vydání*, SNTL, Praha, 1968, T.Č. L13-E1-IV-51/22 127.
- [4] Leinveber, J.; Řasa, J.; Vávra, P.: *Strojnické tabulky - upravené a doplněné vydání*, Scientia, Praha, 1999, ISBM 80-7183-164-6.

- [5] ČSN 69 4911 *Acetylenové stanice a sklady karbidu – Bezpečnostní předpisy*. Český normalizační institut, květen 1990.
- [6] ČSN 69 0010 – 4.2 *Tlakové nádoby stabilní – Technická pravidla – Výpočet pevnosti – Část 4.2: Všeobecná část pro nádoby z oceli*. Český normalizační institut, červenec 1997.
- [7] ČSN 69 0010 – 4.5 *Tlakové nádoby stabilní – Technická pravidla – Výpočet pevnosti – Část 4.5: Válcové části nádob*. Český normalizační institut, únor 1990.
- [8] ČSN 69 0010 – 4.7 *Tlakové nádoby stabilní – Technická pravidla – Výpočet pevnosti – Část 4.7: Klenutá dna nádob*. Český normalizační institut, únor 1990.
- [9] ČSN 69 0010 – 4.9 *Tlakové nádoby stabilní – Technická pravidla – Výpočet pevnosti – Část 4.9: Rovná nevyztužená kruhová dna a víka*. Český normalizační institut, říjen 1989.
- [10] ČSN 69 0010 – 6.3 *Tlakové nádoby stabilní – Technická pravidla – Výroba – Část 6.3: Součinitel hodnoty svarového spoje*. Český normalizační institut, březen 1993.

- [11] *Ethyn*
URL:<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Ethyn>>
[cit. 9.března 2010]
- [12] *Acetylen – zapomenuté světlo budoucnosti*
URL:< http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34979>
[cit. 9.března 2010]

- [13] *Types Of Acetylene Generators*
URL:<<http://chestofbooks.com/home-improvement/repairs/Mechanics-Household/Types-Of-Acetylene-Generators.html>>
[cit. 15.března 2010]
- [14] *Apparatus For The Manufacture Of Acetylene Gas*
URL:<<http://chestofbooks.com/crafts/scientific-american/sup7/Apparatus-For-The-Manufacture-Of-Acetylene-Gas.html>>
[cit. 15.března 2010]
- [15] *Apparatus For The Manufacture Of Acetylene Gas. Continued*
URL:<<http://chestofbooks.com/crafts/scientific-american/sup7/Apparatus-For-The-Manufacture-Of-Acetylene-Gas-Continued.html>>
[cit. 15.února 2010]
- [16] *The Project Gutenberg eBook of Acetylene*
URL:<<http://ia341316.us.archive.org/0/items/8acet/8acet10h.htm>>
[cit. 15.února 2010]
- [17] *The Acetylene Generátor*
URL:<<http://chestofbooks.com/crafts/metal/Welding-Practice/The-Acetylene-Generator.html>>
[cit. 21.března 2010]
- [18] *Vyvíječ acetylenu - praktické zkušenosti z provozu*
URL:<<http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008021201>>
[cit. 21.března 2010]
- [19] *Karbidky*
URL:<<http://www.cavexclub.cz/260/karbidky.html>>, [cit. 21.března 2010]
- [20] *RETERZ*
URL:<<http://www.reterz.cz/>>, [cit. 21.března 2010]
- [21] *Acetylene generator*
URL:<http://www.alibaba.com/product/bcryogas-12208716-11334298/Acetylene_Generator.html>
[cit. 21.března 2010]
- [22] *Technické plyny*
URL:< <http://www.e-plyn.cz/index.php>>, [cit. 21.března 2010]
- [23] Hnyluch J.: *Technická zpráva – Acetylénový vyvíječ typ VA 01*, RETERZ spol. s.r.o., Ostrava, červenec 2001

7. Seznam příloh

Příloha 1.: Související normy a předpisy

Výkresová dokumentace:

TOT022 – VA10 – Sestava vyvíječe acetylénu

TOT022 – S01 – S20 – Soubor výkresů mokré předlohy

Příloha 1.: SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY

- ČSN 01 8010 Bezpečnostní barvy a značky. Všeobecná ustanovení
- ČSN 01 8013 Požární tabulky
- ČSN 05 0610 Zváranie. Bezpečnostné ustanovenia pre zváranie plameňom a rezanie kyslíkom
- ČSN 05 4240 Automatická suchá předloha
- ČSN 07 8304 Kovové tlakové nádoby k dopravě plynu. Provozní pravidla.
- ČSN 33 2030 Ochrana před nebezpečnými účinky statické elektřiny.
- ČSN 33 2031 Ověřování a provoz technologických zařízení a letadel S ohledem na nebezpečné účinky statické elektřiny.
- ČSN 33 2320 Předpisy pro elektrická zařízení v místech s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par.
- ČSN 34 1390 Předpisy pro ochranu před bleskem.
- ČSN 38 6405 Plynová zařízení. Zásady provozu
- ČSN 38 6479 Stavba a provoz acetylenovou
- ČSN 65 4801 Karbid vápnicku
- ČSN 66 1125 Acetylen potrubní a rozpuštěný (dissousplyn)
- ČSN 69 0009 Tlakové nádoby. Pasport.
- ČSN 69 0010 Tlakové nádoby stabilní. Technická pravidla
- ČSN 69 0011 Tlakové nádoby. Požadavky na výkovky a výlisky z legovaných a nelegovaných ocelí (obsahuje ST SEV 2072-80)
- ČSN 69 8381 Požadavky na litinové odlitky (obsahuje SR SEV 2067-79)
- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb. Společná ustanovení
- ČSN 73 0840 Průmyslové výrobní objekty

Další související normy

- ČSN 01 1300 Zákonné měřicí jednotky (ekv ST SEV 1052-78)
- ČSN 01 8012 Bezpečnostní tabulky a značky.. Příloha. Vzory bezpečnostních značek
- ČSN 05 0705 Předpisy pre základné skúšky zvaračov
- ČSN 05 0710 Předpisy pre úradné skúšky zvaračov
- ČSN 07 8305 Kovové tlakové nádoby k dopravě plynu. Technická pravidla
- ČSN 07 8508 Značení ocelových bezešvých láhví na plyny
- ČSN 07 8602 Kovové láhve na plyny. Uzavírací ventily pro láhve na plyny s plnicím přetlakem do 20 MPa.
- ČSN 13 0020 Potrubí. Technické předpisy
- ČSN 13 0072 Značení potrubí v provozech podle protékajících látek
- ČSN 13 0074 Štítky pro značení potrubí látek protékajících potrubím
- ČSN 13 7400 Plynové kohúty. Prehľad
- ČSN 25 7201 Tlakoměry. Prevádzkové deformační tlakoměry. (obsahuje ST SEV 584-83)
- ČSN 33 0300 Druhy prostředí pro elektrická zařízení
- ČSN 33 0370 Nevýbušná elektrická zařízení. Všeobecné technické požadavky. Metody zkoušek (obsahuje ST SEV 3141-81)
- ČSN 33 2050 Uzemnění elektrických zařízení
- ČSN 34 1400 Názvosloví v oboru elektrických zařízení v prostředí s hořlavými látkami
- ČSN 65 4335 Dusík plyný, stlačený
- ČSN 69 0012 Tlakové nádoby stabilní. Provozní požadavky
- ČSN 69 0711 Tlakové nádoby. Požadavky na pojistné ventily (obsahuje ST SEV 3085-81)